

О.М.ЦАРЕНКО, Ю.А.ЗЛОБІН

НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

*Затверджено
Міністерством агропромислового
комплексу України
як навчальний посібник для студентів
вищих аграрних закладів III — IV рівнів
акредитації економічних
спеціальностей*

Київ
«ВИЩА ШКОЛА»
1999

УДК 502 (075.8)

ББК 20.1я73

Ц 18

20.1 (УКР) 273

Рецензенти: *Т. Л. Андрієнко* д-р біол. наук (НАН України, м. Київ), *В. С. Ткаченко* д-р біол. наук (НАН України, м. Київ), *М. І. Стеблянко* проф. (Сумський державний педагогічний інститут)

Редактор *Н. А. Серебрякова*

Царенко О. М., Злобін Ю. А.

Ц 18 Навколишнє середовище та економіка природокористування: Навч. посіб.— К.: Вища шк., 1999. — 176с.: іл.
ISBN 5-11-004373-6

Розглянуто стан природного середовища 1900 — 2000 рр. Велику увагу приділено механізмам розвитку глобальної екологічної кризи, проаналізовано такі явища, як парниковий ефект, кислотні дощі, спустелення, деградація біоти та встановлено зв'язок цих явищ з індустріальним розвитком промисловості і сільського господарства. Досліджено проблеми, що постали перед людством на межі ХХІ ст., наведено можливі сценарії розвитку цивілізації.

Для студентів вищих аграрних закладів освіти III — IV рівнів акредитації з економічних спеціальностей.

ББК 20.1 я 73

ISBN 5-11-004373-6

© О. М. Царенко, Ю. А. Злобін, 1999

ВСТУП

Виникнення людини як біологічного виду, а потім становлення людської цивілізації відбувалося в природному середовищі земної кулі, яка забезпечувала всі екологічні, економічні і соціальні потреби суспільства. Разом із зміною людства і розвитком матеріального виробництва неминуче змінювалось і природне середовище. Однак упродовж багатьох тисячоліть антропогенні впливи на середовище були настільки незначними і локальними, що в планетарному масштабі їхня дія була неістотною і практично непомітною. Ситуація докорінно змінилася лише в ХХ ст., коли демографічний вибух і друга індустріальна революція призвели до глобальних змін природного середовища. В нашому столітті розвиток людської цивілізації набув чіткої технократичної спрямованості, науковий прогрес став синонімом пошуку методів оволодіння силами природи і ресурсами природного середовища. Вивчення законів життя природи та умов рівноважного існування природного середовища земної кулі тривалий час розглядали як другорядне і мало актуальне завдання.

Початок третього тисячоліття по суті є вододілом в історії людства, рівноцінним переходу від варварства до цивілізації у глибоку давнину. Людство, незалежно від своїх бажань, із суто об'єктивних причин змушене перейти до ресурсозберігаючого виробництва і керуватися екологічними пріоритетами у відношеннях з природним середовищем.

Трансформування природного середовища за період 1900—2000 рр. почало різнобічно впливати на людство. Виявилось, що здоров'я людини безпосередньо пов'язане з якістю природного середовища. У природному середовищі почало з'являтися все більше речовин штучного походження — ксенобіотиків, з якими людина раніше не стикалася і тому в людини як біологічного виду не розвинулись сигнальні системи на виявлення таких речовин та їх фізіологічне знешкодження. Багато таких речовин виявляються токсичними.

Стало очевидним, що здоров'я населення можна забезпечити лише

в “здоровому”, екологічно безпечному природному середовищі. В разі порушення природних параметрів довкілля людина на адаптацію змушена витратити значні додаткові матеріально-енергетичні ресурси, у неї послаблюється імунітет, створюються передумови для підвищеної захворюваності і зниження працездатності. Тому стан природного середовища є умовою нормального стану здоров'я всього народонаселення планети і необхідний постійний моніторинг, відстеження стану природного середовища.

Основний внесок у трансформування природного середовища впродовж ХХ ст. зробили промисловість і сільське господарство. Для забезпечення виробничих процесів у них у все більшому обсязі почали залучати природні ресурси. Почалося катастрофічно швидке вичерпування багатьох видів таких ресурсів і з'ясувалося, що запас деяких їх видів, по-перше, скінченний, а по-друге, за сучасних темпів використання повністю вичерпається впродовж першої половини ХХІ ст.

Велика кількість відходів більшості промислових і сільсько-господарських технологій також почала робити все більші і більші внески у процеси деградації природного середовища. Це призвело до того, що на початку 90-х років нашого століття актуальним став перехід усіх видів господарської діяльності на безвідходні, ресурсо- та енергозберігаючі технології, що дістав загальну назву **екологічної конверсії** матеріального виробництва.

Обстановка планетарної екологічної кризи, яка розвивається, вимагає від науки глибокого аналізу причин виникнення деградації природного середовища і механізмів втрати природним середовищем основних важливих для людства якостей. Без цього неможливе вироблення довготермінових прогнозів стану природного середовища і розроблення конкретних методів ліквідації кризових явищ у природному середовищі. Стійкість існування людської цивілізації стала головним гаслом на межі тисячоліть.

Концепція стійкого розвитку людської цивілізації включає:

1) забезпечення продовольчої безпеки для всього народонаселення планети;

2) регулювання чисельності населення земної кулі з підтриманням її на рівні, що відповідає місткості природного середовища і запасам ресурсів;

3) забезпечення збереженості матеріальних та енергетичних ресурсів планети за рахунок їх використання на основі маловідходних або безвідходних матеріало- та енергозберігаючих технологій;

4) збереження рівня біологічної різноманітності, властивій біосфері Землі, як основи її стійкого функціонування;

5) проведення повної екологічної конверсії усіх видів матеріального виробництва;

6) зниження рівня надходження в природне середовище відходів промисловості і сільського господарства, а також побутових відходів;

7) створення в людському суспільстві соціального співробітництва, що повністю виключає воєнні конфлікти як світового, так і локального характеру.

Глобальна екологічна криза надала актуальності розвитку екології, зокрема такої її важливої гілки як енвіронментальна екологія, завданням якої є вивчення стану, функціонування і динаміки природного середовища земної кулі.

Пропонований посібник ставить за мету аналіз стану природного середовища впродовж останніх 100 років і розгляд економічних та екологічних стратегій поведінки людства в умовах всезростаючої екологічної загальнопланетарної кризи з конструюванням можливих шляхів виходу з неї.

Серед численних проблем енвіронментальної екології автори особливу увагу приділили економічним аспектам, які багато в чому визначають відносини в системі людство — природне середовище, а також питанням екологізації сільського господарства, оскільки його вплив на деградацію природного середовища у другій половині нашого століття зрівнявся і навіть почав переважати промислове виробництво. Досягнення рівноважного природокористування в агропромисловому комплексі є найактуальнішою проблемою для України як потенційного виробника високоякісної екологічно чистої сільськогосподарської продукції.

Розділ 1

ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ: ІДЕЇ, ПРОБЛЕМИ, ВИЗНАЧЕННЯ

Природне середовище земної кулі включає в себе гірські породи, атмосферу, гідросферу і біосферу. Частиною природного середовища є також і компоненти великого Космосу, що впливають на земну кулю — космічне випромінювання, метеорити тощо. Все це — природні компоненти довкілля, наявність і дія яких не залежить від людської цивілізації. На відміну від цього під **середовищем проживання**, або **навколишнім середовищем** розуміють на додачу до сукупності природних компонентів також і чинники, що є результатом людської діяльності. В ході цієї діяльності відбуваються як трансформування природних чинників, так і поява принципово нових компонентів середовища проживання — потужних радіоактивних випромінювань, синтетичних речовин, токсикантів (пестициди) тощо. Тому середовище проживання є ширшим поняттям, ніж природне середовище. Серед усіх цих понять **середовище** — поняття найзагальніше, цим терміном позначають усе, що оточує даний об'єкт. Вираз **навколишнє середовище** має такий самий зміст, однак він менш вдалий, оскільки під самим словом “середовище” уже розуміють оточення об'єкта.

У сучасній екології під **середовищем проживання живих організмів** розуміють усю сукупність, в якій проживає дана особина, популяція чи вид і в якій відбуваються діяльність людини і розвиток живої матерії.

У структуру природного середовища, за В. І. Вернадським, входять шість різних типів речовини:

1) **жива речовина**, представлена організмами різних видів; згідно з сучасними оцінками загальна маса живої речовини в біосфері становить $18 \cdot 10^{11}$ т; К. М. Ситник і С. П. Вассер (1992) вважають, що на Землі виявлено 1 447 609 видів живих організмів; фактично їх набагато більше — ймовірно 80 млн; повнота виявлення видів живих істот неоднакова у різних їх царствах; види судинних рослин виявлено на 80 %, мохів — на 70, водоростей — на 50, грибів — на 1—10, членистоногих — на 3—20, монер — на 15—20, а вірусів лише на 5 %;

2) **біогенна речовина**, що є продуктом життєдіяльності організмів (наприклад, кам'яне вугілля, торф);

3) **косна речовина**, тобто нежива речовина, у формуванні якої живі організми не брали участі (наприклад, вода, гірські породи і мінерали);

4) **біокосна речовина**, що утворилася внаслідок взаємодії живої і косної речовин; основним видом біокосної речовини є ґрунт;

5) **радіоактивна речовина**, представлена радіоактивними нуклідами хімічних елементів;

6) **космічна речовина** (наприклад, метеорити).

У природному середовищі слід виділяти **ресурси** — компоненти, які споживаються і витрачаються в процесі життєдіяльності організмів або у виробничих процесах (наприклад, вода, кисень, кам'яне вугілля, нафта, метали). У свою чергу, ресурси поділяють на **відновлювані** і **невідновлювані**. Земля (територія) є ресурсом багатофункціонального характеру і базисом для будь-якого виробництва, має споживну вартість.

Другим компонентом природного середовища є **умови**, що становлять загальний фон, необхідний для живих організмів, але безпосередньо ними не споживаний (наприклад, тепло, кислотність ґрунту).

Є різні підходи щодо класифікації ресурсів. Їх, зокрема, поділяють на такі категорії:

а) **невідновлювані** — вичерпні (наприклад, нафта, кам'яне вугілля) і невичерпні (наприклад, сонячна радіація, енергія припливів і відпливів);

б) **відновлювані** — наприклад, біомаса рослин і тварин;

в) **замінні** — наприклад, кам'яне вугілля у багатьох випадках можна замінити на нафту чи природний горючий газ;

г) **незамінні** — наприклад, вода, кисень, вуглекислий газ.

Природне середовище є важливим компонентом людської цивілізації, оскільки і становлення виду *Homo sapiens* як біологічної істоти, і розвиток людської цивілізації в її сучасній формі нерозривно пов'язані з природним середовищем певної якості. Природні компоненти середовища проживання людини дуже різноманітні. Фізичні компоненти середовища проживання, такі як географічне положення місцевості, наявність і якість таких природних ресурсів, як вода, повітря — все це є умовою нормальної життєдіяльності. До природного середовища належать і всі живі організми, які оточують людину. Оскільки людина є створінням біосоціальним, вони нерідко відіграють ключову роль у її благополуччі. Водночас існування і розвиток людської цивілізації неможливі без соціальних компонентів.

Слід розрізняти середовище проживання рослин і тварин і

середовище проживання людини. Середовище проживання людини включає всі території й акваторії, що є місцем перебування і виробничої діяльності людини. Наприкінці ХХ ст. середовище проживання людини почало охоплювати і найближчий Космос. Власне в середовище проживання людини входять усі компоненти біосфери, вся сукупність створених людиною технологічних об'єктів, а також усі соціальні феномени людського суспільства. Отже, середовище проживання людини — це система вищого рангу, ніж окремі системи біосфери або соціальні системи. У середовищі проживання людини завжди можна виділити: а) природні компоненти — повітря, воду, ґрунт, гірські породи тощо; б) антропогенні компоненти — створені людиною будівлі і споруди, транспортні магістралі та ін.; в) соціальні компоненти, які включають соціальні, економічні, юридичні та морально-етичні феномени.

У зв'язку з цим у загальному середовищі проживання людини доцільно виділити соціальне середовище проживання.

Соціальне середовище проживання — це сукупність суспільних, матеріальних і духовних умов існування і діяльності людини. Власне це середовище включає в себе всю суспільно-економічну систему, в межах якої перебуває людина. Іноді використовують поняття про **антропогенне середовище** як комплекс чинників, створених безпосередньо завдяки діяльності людини.

Пропонується також поняття про еколого-етнічне середовище, під яким розуміють історично сформовану систему природно-соціальних зв'язків і об'єктів, в яких індивід реалізує свою генетико-еволюційну норму та історико-культурне почуття належності до певної етнічної спільноти (В. С. Крисаченко, 1994). Однак таке звуження соціального середовища сприяє розділенню єдиного людства на окремі етноси, що утруднює вирішення глобальних за своєю природою екологічних проблем.

Соціальні компоненти середовища проживання людини відрізняються складною структурою. Вони представлені різними групами населення, класами, національними спільнотами, релігійними течіями. Якщо компоненти природного середовища відрізняються узгодженістю, то компоненти соціального середовища нерідко суперечливі. За умов соціальних конфліктів людство зазнає великих втрат. Вони різнобічні: це загибель людей, руйнування жилих приміщень і виробничих споруд, а також зміни природного середовища проживання в несприятливий бік. Однак поки що людство не навчилося прогресивному розвитку без війн, революцій та інших соціальних катаклізмів. Навіть порівняно безкровні “оксамитові” соціальні переломи типу розпаду СРСР чи ЧССР врешті-решт обертаються

стражданнями десятків і сотень тисяч людей, позбавлених даху і соціального забезпечення.

Суперечливість положення людини в матеріальному світі визначається її біосоціальною природою. Як біологічна істота людина потребує природного середовища певної якості і нерозривно з ним пов'язана. Однак як істота соціальна людина намагається ізолюватися від несприятливих чинників природного середовища і створити власне антропогенне середовище проживання.

Важливою властивістю природного середовища проживання є його стійкість, стабільність усіх режимів і станів природних чинників. Проживання в нестабільному середовищі вимагає від людини (і в однаковій мірі від рослин і тварин) додаткових матеріально-енергетичних затрат і утруднює адаптаційний процес. Різкі відхилення природного середовища від звичайного його стану, як правило, розглядають як стихійне лихо і катастрофи. Такі відхилення дуже різноманітні й за формою. Вони включають в себе виверження вулканів, повені, урагани, снігові лавини, пожежі тощо.

Середовище проживання є динамічним комплексом. Воно розвивається і само по собі, і під дією усіх живих організмів і людини. Тому одноразово отримана інформація про особливості середовища проживання не дає повної інформації про умови існування живих створінь. Моніторинг середовища проживання повинен бути постійним, охоплювати всі регіони планети й обов'язково включати інформацію про динаміку зміни цього середовища.

У практиці природоохоронної діяльності поняття про середовище проживання іноді дуже звужується. Комплексний характер середовища проживання підмінюється обліком більш чи менш бідного набору абіогенних чинників життя. Звичайно якість середовища проживання зводять до таких фізико-хімічних параметрів: а) кількість важких металів; б) наявність і кількість деяких ксенобіотиків; в) температура; г) кількість кисню і вуглекислого газу в атмосфері. Очевидно, що ці чинники — лише невелика частина того, що становить природне середовище, проживання і рослин, і тварин, і самої людини. Спотворення обсягу поняття "середовище проживання", вихолощування з нього екологічного змісту дуже небезпечне. Воно створює ілюзію; що природне середовище проживання менше порушене шкідливими для людини наслідками, ніж це є насправді.

Розділ 2

XX СТОЛІТТЯ — ЕТНОСИ І ТЕХНОЛОГІЇ

Упродовж XX ст. взаємовідносини людства з природним середовищем зазнали істотної еволюції і якісно змінились. Основу цього однаковою мірою становили демографічний вибух і друга індустріальна революція. У сукупності це посилює глобальний антропогенез і вивело його на новий рівень, коли природне середовище доведено до межі, за якою можлива докорінна незворотна зміна його властивостей з втрачанням якостей, які забезпечують існування людства на земній кулі.

Людина в природному середовищі

Як біологічний вид людина розумна *Homo sapiens* з'явилася на Землі близько 2—3 млн років тому. За даними антропології в еволюції людини можна виділити чотири основні етапи.

Найперші знахідки предків сучасної людини відповідають віку 14 млн років тому. Це рамапітеки, рештки яких виявлено в Індії, Кенії, Греції та інших країнах світу. За будовою свого тіла рамапітеки були ближчими до тварин. Вони мали тіло завдовжки до 110 см, але пересувалися в основному на нижніх кінцівках.

В період 1—5 млн років тому, на другому етапі, на Землі з'явилися австралопітеки, що за розвитком мозку займали вже проміжне положення між тваринами і справжньою людиною. Об'єм черепної коробки у них становив 428—530 см³. Будова шиї австралопітеків свідчить, що вони були прямохідними істотами і, можливо, користувалися примітивними кам'яними знаряддями.

Третім етапом в еволюції людини була поява близько 3 млн років тому представників роду *Homo*. Один із видів цього роду “людина прямохідна” вже вміла виготовляти кам'яні знаряддя і користувалася вогнем.

Четвертий етап еволюції цієї біологічної гілки завершився виникненням *Homo sapiens*. Об'єм черепної коробки до цього часу вже досягнув 1450 см³.

Далекі предки людини порівняно з іншими тваринами явно не виділялись ні фізичною силою, ні швидкістю бігу. Проживання на відкритій степовій і лісостеповій місцевості при порівняно бідному забезпеченні рослинною їжею змусило їх поповнювати свій раціон полюванням. Полювання вимагало від них використання знарядь, певної хитрості та спритності для компенсування нестачі фізичної сили.

Отже, загальна біологічна еволюція людини тривала близько 14 млн років, але культурний розвиток людства розпочався всього 2—3 млн років тому. Біологічне коріння усього сучасного людства єдине. Гуманоїдні форми сформувалися і розвинулись одночасно в широкому географічному ареалі. Зокрема в Україні неподалік від с. Молодова, що на Дністрі, виявлено рештки поселень людини палеолітичного віку, тобто близько 40 тис. років тому. Аналогічні поселення цього періоду часу виявлені і в інших регіонах Європи та на інших континентах.

Єдність людства як генетичної системи очевидна з простого розрахунку. Кожна людина, яка живе нині, мала двох батьків, чотирьох прабабків (двох бабусь і двох дідусів) і т. д. Достатньо простежити лише 32 генерації, щоб переконатися, що за сучасної чисельності населення на Землі його коріння впирається в популяцію невеликої чисельності. А це означає, що всі люди — родичі між собою. Людство — це цілісна панміксна популяція.

Окремі групи людей відрізняються лише за вторинними національними і расовими ознаками (колір шкіри, форма очей тощо) або просто за культурно-соціальними звичаями і традиціями. Наприклад, згідно з даними аналізу, проведеного Ю. І. Новоженевим (1983), усі люди однаковою мірою несуть три пари генів, які визначають пігментацію шкіри. Однак в Африці склалися умови, сприятливі для виявлення цих генів та їх підсилення генами-модифікаторами, що й завершилось формуванням темної пігментації шкіри. Сам по собі генофонд усього людства спільний і включає в себе до 40 тис. генів. Людські раси — це лише групи фенетично відокремлених популяцій і будь-які расистські побудови, що стверджують неповноцінність тих чи інших рас, не мають під собою наукової основи.

Біологічні відмінності людини полягають не лише в посиленому розвитку головного мозку, що насамперед відокремило *Homo sapiens* від інших видів тварин. Вони виявились у необмеженій здатності до розмноження, так що впродовж існування людини як біологічного виду чисельність народонаселення безперервно зростала. За період існування людства щільність його популяції зросла більш ніж у 4 тис. разів. Упродовж тривалого часу чисельність народонаселення збільшувалась поступово. Перелом відбувся лише в ХХ ст., коли темп приросту народонаселення стрибкоподібно зріс. Якщо раніше для

подвоєння числа мешканців планети потрібно було 600 років, то для останнього подвоєння достатньо було всього 38 років. Цей ріст чисельності людства був настільки різким, що дістав назву демографічного вибуху.

Отже, висока щільність населення на земній кулі виявляється в історії людства новим явищем. Раніше цей чинник в еволюції біосфери був відсутнім. Велика чисельність народонаселення поряд з науково-технічною (індустріальною) революцією виявилась головним чинником антропогенної зміни природного середовища.

Демографічний вибух

Глобальний антропогенез значною мірою був спричинений демографічним вибухом, під яким розуміють різке збільшення чисельності населення земної кулі впродовж останніх 100 років. Згідно з Т. Мальтусом, чисельність населення Землі повинна зростати в геометричній прогресії, а виробництво продуктів — в арифметичній, що призводить до негативних соціальних наслідків. Фактично зростання чисельності населення Землі не відповідає мальтусівській моделі (табл. 2.1). Справді, якщо за Т. Мальтусом за 100 років чисельність населення повинна збільшитись у 16 разів, то фактично впродовж ХІХ ст. вона зросла в 1,8 раза, а впродовж ХХ ст. — в 3,85 раза (табл. 2.2, рис. 2.1).

Таблиця 2.1. Параметри моделі Мальтуса за період тривалістю 100 років

Число років	0	25	50	75	100
Геометрична прогресія	1	2	4	8	16
Арифметична прогресія	1	2	3	4	5

Т. Мальтус виявився правим лише стосовно загальної ідеї — необмежене зростання чисельності населення світу суперечить його забезпеченості необхідними чинниками життя.

У ХХ ст. відбулися докорінні зміни в демографічній ситуації. Чисельність населення світу почала стрімко зростати. Характерно, що це зростання чисельності народонаселення не вдалося завбачити жодному демографу. Так, за розрахунками німецького фа-

Таблиця 2.2. Чисельність населення світу

Показник	Рік		
	1800	1900	2000
Населення земної кулі, млн чол.	906	1608	6200

хівця А. Бйоніша (1960), до 2000 року на земній кулі повинно мешкати лише 4,5 млрд людей. Він помилився майже на 2 млрд. Річ у тім, що сучасні демографи для прогнозу росту чисельності народонаселення

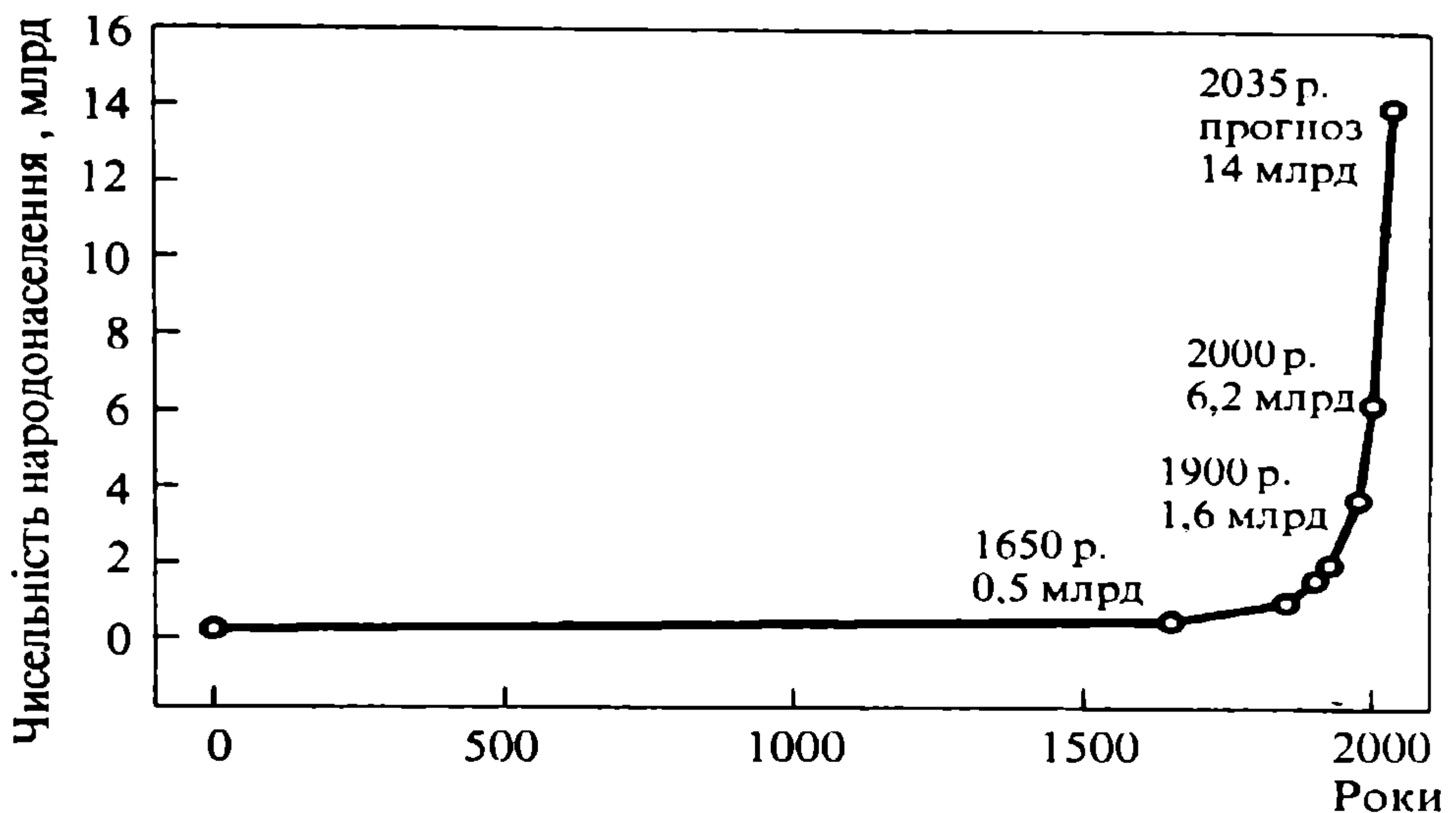


Рис. 2.1. Зростання чисельності населення Землі за останні 2000 років

спираються на соціальні процеси, які відбуваються в країнах Західної Європи, США і Канаді, в той час як основною ареною демографічних процесів стають країни Азії, Африки і Південної Америки. У цих країнах інші релігійні і соціальні настанови, мешканці Індії і Пакистану задовольняються дієтою в 7,858—8,318 кДж/добу, в той час як у мешканців США і Великої Британії вона досягає 12,958—13,376 кДж/добу (табл. 2.3). Тут традиційні багатодітні родини, а такі традиції не легко ламаються. Внаслідок цього у розвинених країнах світу нині мешкає лише близько 12 млрд чоловік, а в країнах, що розвиваються, їх понад 4,8 млрд і чисельність населення в них зростає особливо швидко.

Таблиця 2.3. Енергетична цінність харчування населення деяких країн світу, що розвиваються (за станом на 1995 р.)

Країна	Енергетична цінність добового раціону, кДж	Енергетична цінність, % оптимальної добової потреби	Країна	Енергетична цінність добового раціону, кДж	Енергетична цінність, % оптимальної добової потреби
Сомалі	9,013	94	Зімбабве	8,505	90
Ангола	8,900	92	Гана	8,379	88
Замбія	8,803	93	Бангладеш	8,298	84
Гвінея	8,795	93	Непал	8,102	86
Папуа-Нова Гвінея	8,711	83	Індія	8,005	86
Південний Йємен	8,681	86	Гаїті	7,892	86
Кенія	8,635	88	Чад	7,657	81
Гватемала	8,579	93	Уганда	7,468	80
			Ефіопія	7,384	76
			Малі	6,808	72

Загалом регіональна щільність заселення планети істотно коливається. В США вона становить 29,5 чоловік на 1 км², в Іспанії — 76,8, у Китаї — 113, в Індії — 237,5, у Бангладеш — 712 чоловік на 1 км². Пересічна щільність населення в Європі, включно з Україною, становить 163 чоловіки на 1 км².

Фахівці по-різному оцінюють наслідки демографічного вибуху. Однак, безумовно, відносини в системі людство — природне середовище залежатимуть від подальшого тренда чисельності народонаселення.

Стрибкоподібне і безперервне зростання чисельності людства зумовлює постійну конфліктність у системі людство — природне середовище. Вона дістала назву *мальтузіанство*. Негативне ставлення до мальтузіанства було спричинене відверто негуманними висловлюваннями автора цієї концепції. Так, у праці “Опыт о законе народонаселения” Т. Мальтус писав, що всі повонароджені, за винятком тих, які потрібні для збереження даного рівня населення, неодмінно повинні загинути, якщо тільки для них не звільниться місце завдяки смерті дорослих. Тому замість того, щоб нерозумно і марно перешкоджати цьому, ми повинні бути послідовними і сприяти діям природи, які викликають смертність. І далі цей автор закликав замість того, щоб проповідувати серед бідняків необхідність чистоти, заохочувати протилежні звички; споруджувати в містах вузькі вулиці, перенаселяти будинки і сприяти повторенню епідемій, будувати села поблизу непроточних водойм і особливо сприяти заселенню болотистих і шкідливих для здоров'я місць; але насамперед потрібно засудити застосування особливих ліків для лікування смертельних хвороб, а також засудити тих добрих, але заблудлих людей, які винаходять способи викорінення окремих хвороб і думають, що роблять послугу людству. Аналогічно розмірковують і сучасні мальтузіанці. В 1971 р. англійський учений Д. Хардін писав, як саме можна допомогти тій чи іншій країні уникнути перенаселення. Очевидно, найгірше, що ми можемо зробити, це надсилати туди продовольство, а атомні бомби зробили б більш добру справу.

Людство як компонент біосфери, очевидно, не може мати безмежно велику чисельність. Однак так само очевидно, що стабілізувати чисельність народонаселення на оптимальному рівні потрібно цивілізованими способами.

Екологічні методи дають змогу на науковій основі оцінити можливу місткість природного середовища земної кулі для людства. Якщо взяти сонячну сталу за $2,1 \cdot 10^{20}$ МДж на рік, потребу однієї людини в енергії пересічно за 10,2 МДж на добу або 3656 МДж на рік і коефіцієнт корисної дії фотосинтезу за 0,1 %, то легко підрахувати, що місткість земної кулі для людства може становити $5,5 \cdot 10^{11}$ чоловік.

Це у 100 разів більше за сучасну чисельність народонаселення. Звичайно, така місткість нереальна, оскільки площа орних земель обмежена. З урахуванням цього обмеження агросфера планети теоретично може прогодувати навіть за сучасними сільсько-господарськими технологіями 10—11 млрд чоловік. За підрахунками ФАО ООН Земля в принципі може прогодувати з урахуванням урожайності сучасних сортів культурних рослин до 50—60 млрд чоловік. Однак для існування людства необхідна не лише їжа, умовою нормального життя є певна територія і соціально-культурне середовище. Тому фактично місткість планети для людства набагато менша і сучасну перенаселеність земної кулі можна визнати об'єктивним чинником.

Для прогнозування чисельності населення на ХХІ ст. пропонувалося багато моделей, і величина оптимальної чисельності населення Землі залишається дискусійною. Радянська демографічна школа вважала, що чисельність населення світу стабілізується на початку ХХІ ст. на рівні 12—13 млрд чоловік, тобто буде вдвічі більшою, ніж сучасна чисельність. Ця концепція ґрунтувалась на таких чинниках: а) свідоме саморегулювання складу родини так, щоб на одну жінку пересічно припадало 2,1 дитини; б) продовження життя людини до 115—150 років, що зменшить частку дітородного періоду у загальній тривалості життя; в) низький рівень харчування й пандемії типу СНІДу, що може спричинити підвищення смертності в афро-азійських країнах. Внаслідок сумісної дії цих чинників передбачалось, що чисельність населення Землі саморегулюватиметься й до кінця першої чверті ХХІ ст. стабілізується на рівні 10—12 млрд чоловік. При цьому враховувалось, що в сучасних мегаполісах (Великий Нью-Йорк, Сингапур та ін.) щільність населення досягає значних величин, і тому на суходолі могло б розміститися до 65 млрд чоловік. Навіть якщо знизити щільність населення до 350 чоловік на 1 км², оптимісти вважають, що на Землі може жити 15—20 млрд чоловік.

Однак цей прогноз суперечить реальним темпам зростання чисельності населення в ХХ ст. Продовження експоненціального зростання чисельності населення може призвести, на думку французького фахівця Ж. Буржуа-Піша, або до еколого-демографічного колапсу і повного зникнення людської цивілізації, або до відкидання рівня цивілізації далеко назад з різким зменшенням загальної чисельності населення до 1—2 млрд чоловік. Серед труднощів запобігання демографічному зростанню стоять і суто особисті, і вузько групові інтереси, які суперечать суспільному благу (Д. Постгейт, 1989).

У кожному разі наприкінці століття в більшості країн, що розвиваються, народжуваність, незважаючи на активну пропаганду і

Таблиця 2.4. Народжуваність у деяких країнах, що розвиваються, за станом на 1986—1998 рр.

Країна	Народжуваність, дітей на одну жінку	Країна	Народжуваність, дітей на одну жінку
Туніс	2,2	Непал	2,9
Корея	2,2	Таїланд	3,0
Гаїті	2,4	Гана	3,2
Бангладеш	2,8	Мексика	3,6
Індонезія	2,9	Пакистан	5,2

безкоштовне роздавання контрацептивів, залишається вищою за оптимальне значення — 2,1 дитини на жінку (табл. 2.4).

Тому Т. А. Дьоміна (1998) достатньо обгрунтовано вважає, що чисельність населення земної кулі повинна становити не більш ніж 2 млрд чоловік. В. А. Боков і А. В. Лущик (1998) називають цифру 0,5—1 млрд чоловік. За підрахунками А. Єлісеєва (1991) за площі поверхні суходолу 149 млн км² і придатності для проживання лише 100 млн км² на планеті може жити тільки 5,7 млрд чоловік. Це означає, що сучасна чисельність населення вже є позамежною, перевищеною в декілька разів порівняно з оптимальною еколого-соціальною нормою. Для таких міркувань є серйозні підстави — уже нині людство проголошує себе важко, голод і голодна смерть не рідкість у країнах Африки, Південної і Центральної Америки, Південно-Східної Азії, що розвиваються. Про перенаселеність свідчать майже безперервні локальні воєнні конфлікти і дві світові війни, що припали на поточне століття.

За останнє десятиліття нашого століття приріст чисельності населення планети становив 2 % за рік. Приріст виробництва поки що більший — 2,3 % за рік. Однак для збільшення приросту чисельності людства поки що немає жодних перешкод, а приріст обсягу продовольства фактично досягнув своєї максимально можливої величини.

Як побічне явище демографічний вибух посилив контраст між розвиненими країнами і країнами, що розвиваються. Населення перших споживає в п'ять разів більше продукції тваринництва на одну людину й на 13 % більше овочів; 4,8 % населення розвинених країн використовує 30 % світових енергетичних ресурсів (С. Шмідхейні, 1994).

Та так чи інакше, ХХ ст. ознаменувалося зростанням чисельності населення Землі, що й стало наслідком збільшення всіх форм антропогенного навантаження на природне середовище.

Друга індустріальна революція

У ХХ ст. було зроблено багато відкриттів, що привнесли в людську цивілізацію велике число нових технологій, які дали змогу інтенсивніше використовувати природні ресурси. Сукупність цих відкриттів, що перетворили промислове і сільськогосподарське виробництво такою самою мірою, як і культуру, дістала назву **другої індустріальної революції**, яка виявилась перманентним процесом, що охопив практично все останнє століття. Вона характеризувалася остаточним відходом від традиційних форм виробництва та заміною їх як у промисловості, так і в сільському господарстві на індустріальні технології, що різко підвищило виробництво продукції в розрахунку на одного працівника. Значно зросли механізація та автоматизація виробництва. Початок другої індустріальної революції зазвичай датують 1914 роком, коли розпочалася швидка індустріалізація у провідних європейських державах (Франція, Італія, Німеччина).

ХХ ст. ознаменувалося низкою великих наукових відкриттів:

1901—1903 рр. — перші літаки братів Райт;

1905 р. — А. Ейнштейн публікує спеціальну теорію відносності;

1914 р. — М. Сангер (США) висуває ідею контролю за народжуваністю, а пізніше, з 1956—1960 рр. розпочинається широке розповсюдження гормональних контрацептивів;

1926—1929 рр. — створення В. І. Вернадським цілісного вчення про біосферу;

1928 р. — відкриття А. Флемінгом антибіотиків;

1932 р. — Дж. Коккрофт та Е. Уолтон спорудили перший прискорювач для вивчення структури ядер атомів;

1935 р. — перше демонстрування радара, відкритого групою англійських учених під керівництвом Р. Уотсона-Уотта;

1938 р. — О. Ганн розщепив ядро атома урану;

1942 р. — Е. Фермі відкрив ланцюгові реакції ядерного розщеплення;

1949 р. — в університеті штату Пенсільванія (США) створено перший комп'ютер (Еніак);

1953 р. — Ф. Крік і Дж. Уотсон розшифрували будову ДНК як носія спадкової інформації;

1961 р. — Ю. Гагарін здійснює перший політ у космос;

1969 р. — перші американські космонавти висаджуються на Місяць;

1969 р. — створення першої локальної комп'ютерної мережі, яка до 1990 р. завершилась створенням глобальної комп'ютерної мережі Інтернет;

З. К. 1414/73

1978 р. — перше запліднення яйцеклітини людини в пробірці і створення Л. Брауном “штучної матки”;

1992 р. — розроблено першу повну карту генома людини;

1997 р. — посадка американського штучного супутника на Марс;

1997 р. — перше клонування живого організму (вівці на ймення Доллі).

Найбільшою мірою на стан природного середовища впродовж ХХ ст. впливали такі глобальні зміни виробничих процесів, розроблених і впроваджених на основі останніх наукових відкриттів:

а) поява атомної енергетики, в початковій ейфорії від якої почало здаватися, що відтепер суспільство звільнилося від необхідності використання інших джерел енергії;

б) розробка і створення озброєння нового типу, в тім числі атомної зброї, здатної повністю знищити і людське суспільство, і всю живу природу нашої планети;

в) формування на базі супутникових і комп’ютерних технологій єдиного світового інформаційного простору;

г) глибокі зміни в сільському господарстві, що за рахунок створення інтенсивних сортів підняли потенційну врожайність культурних рослин у декілька разів і дістали назву “зеленої революції”; сучасні сорти такого типу здатні дати врожай, ц/га: пшениця — 145, кукурудза — 225, ячмінь — 114, овес — 106, картопля — понад 950, цукровий буряк — 1200; обличчя сільського господарства змінили масова механізація і хімізація; виробництво сільськогосподарської продукції все більшою мірою ґрунтується на широкому застосуванні добрив і пестицидів;

д) широке використання у медицині і сільському господарстві антибіотиків;

е) генна інженерія;

є) вдосконалення транспортної системи, що уможливило швидке перевезення великих обсягів сировини, продукції та людей на значні відстані залізничним, автомобільним, морським та авіаційним транспортом;

ж) хімічний синтез великої кількості речовин, які раніше не траплялися в природному середовищі: ліків, гормональних препаратів, пластмас, синтетичних тканин, добрив, пестицидів та ін.

Промислове виробництво, зорієнтоване на метали і метало-конструкції, пластмаси, синтетичні волокна, добрива, пестициди, хімічні препарати, мікропроцесори, лазерну технологію, генну інженерію, почало домінувати і залучати в свою сферу багато мільйонів людей.

У число головних сільськогосподарських культур світу потрапили

зернові, особливо пшениця. Зернові до 1970 р. почали давати 50 % світового виробництва енергетичної цінності (калорій) і білка. Приріст виробництва зерна досягнув 3,6 % за рік, але цей процес відбувався в основному за рахунок екстенсивного чинника — освоєння цілинних земель. Так, у 1960—1970 рр. екстенсивні чинники забезпечили 90 % приросту сільськогосподарської продукції, в 1970—1980 рр. — 70 %. Внаслідок цього орні землі світу займають 1,5 млрд га (близько 11 % площі поверхні суходолу), пасовиська і сінокоси — 3 млрд га (20 % площі поверхні суходолу).

Однак екстенсивний шлях нарощування виробництва сільськогосподарської продукції до кінця століття вичерпався. Освоєні всі землі, придатні для сільськогосподарського використання. Тому вже з 70-х років розпочався перехід сільського господарства на інтенсивні форми отримання продукції рослинництва і тваринництва. В агроєкосистеми впроваджено масові механізацію і хімізацію. Однак відповідно до закону згасаючої дії чинників максимізації врожаю вона себе не виправдала. Так, у колишньому СРСР за період 1980—1990 рр. внесення добрив зросло вдвічі, а врожаї основної продовольчої і фуражної культури — зернових стабільно утримувались на середньому рівні 17—18 ц/га (L. Brown, J. Young, 1990).

Для індустріальної революції ХХ ст. виявилось характерним швидке нарощування енергоспоживчих технологій, так що загальне споживання енергії людством зросло з 1900 по 1977 р. в 12 разів. Форсовано нарощувались обсяги видобування з надр і використання таких енергоносіїв, як кам'яне вугілля, нафта, природний горючий газ.

В міру вичерпування запасів кам'яного вугілля як джерело енергії все частіше почали застосовувати нафту і природний газ, а за останню чверть століття до них додалося плутонієве паливо — атомна енергетика. З'явилися принципово нові галузі промисловості, що виникли на базі нових наукових відкриттів.

У сукупності промислове і сільськогосподарське виробництва, що активно розвивалися, неминуче призвели до порушення якості природного середовища, викликали його забруднення і трансформування. Розпочався швидкий ріст чисельності міського населення, що дістав назву *урбанізація*. На початку ХХ ст. у містах проживало лише 13 % населення планети, до середини століття ця цифра зросла до 28 %, а наприкінці століття перевищила 50 %. Нині 25 % усього населення світу мешкає в 400 найбільших містах.

У сукупності в природне середовище почала надходити велика кількість відходів різного типу (табл. 2.5). Розрізняють такі види антропогенного забруднення природного середовища:

1) **хімічне**, що складається з надходження в навколишнє середовище різного виду ксенобіотиків;

Таблиця 2.5. Річне надходження у природне середовище антропогенних матеріалів і відходів

Вид відходів і матеріалів	Маса, млн т/рік	Основні джерела утворення відходів
Оксиди вуглецю	25 500	Спалювання палива, виплавляння металів
Нафтопродукти	750	Втрати під час видобування і транспортування нафти
Оксиди сірки	190	Спалювання палива, багатого на сірку, хімічна промисловість
Оксиди азоту	65	Спалювання палива, хімічна промисловість
Свинець	500	Автотранспорт, енергетика, полювання, військові дії
Арсен	265	Автотранспорт, металургія
Мінеральні добрива	131	Сільське господарство
Пестициди	1	Сільське господарство
Детергенти	10	Побутові і промислові стічні води
Озоноруйнівні речовини (фреон та ін.)	1,4	Холодильні установки, розпилювачі
Видобування гірських порід	200 000	Гірничовидобувна промисловість
Ксенобіотики різного виду	335 000 (м ³)	Промислові і сільсько-господарські стічні води

2) **фізичне**, до якого належать втрата території, шумові перешкоди, електромагнітні випромінювання;

3) **термічне**, що трапляється в разі викидання в атмосферу теплоти і пари, а у водойми — нагрітої води з промислових підприємств, насамперед з ТЕС;

4) **радіаційне**;

5) **засмічення**, що полягає в потраплянні в навколишнє середовище твердих відходів різного виду;

6) **біологічне**, за якого в природних і антропогенних екосистемах з'являються чужі для них організми; окремим випадком цього виду забруднення є мікробіологічне, пов'язане з розвитком у навколишньому середовищі паразитичної мікрофлори.

Загалом під **забрудненням природного середовища** розуміють будь-яке внесення в неї невластивих їй живих чи неживих компонентів або структурних змін, які спричиняють порушення біогеохімічних циклів і потоку енергії в біосфері, що врешті-решт несприятливо впливає на живі організми і людину. Іноді під забрудненням природного середовища, у вузькому значенні цього поняття, розуміють збільшення в ньому концентрації фізичних, хімічних або біологічних компонентів.

Однак упродовж ХХ ст. постала нова серйозна проблема: як у промисловості, так і в сільському господарстві в повному обсязі почав виявлятися **закон зниження енергетичної ефективності природо-користування**. За останні 100 років витрати енергії на виробництво сільськогосподарської продукції зросли у 8—10 разів, а промислової — в 10—12 разів. Виробництво енергії потребує максимальної експлуатації родовищ викопного палива (кам'яного вугілля, нафти, торфу) і розвитку атомної енергетики. До кризи природного середовища як її складова частина додалася *енергетична криза*.

Як біологічна істота людина є учасником біогенних колообігів речовин. В основному це колообіг вуглецю, водню і кисню. Дещо меншою мірою в нього залучаються фосфор, кальцій, мікроелементи. Це біофільні речовини. За загальної сучасної біомаси людства $2 \cdot 10^8$ т воно забезпечує колообіг таких речовин обсягом близько 4 млн т. За рахунок індустріальної діяльності на земній кулі складається новий тип колообігу речовин, в який залучаються у великому обсязі такі елементи як залізо, нікель, силіцій та ін. Число таких технобільних елементів в ХХ ст. зростало дуже швидко. У 1900 р. їх було 62, а нині—89. У техногенез залучено й багато тисяч видів новосинтезованих речовин. За рахунок техногенної діяльності колообіг технофільних речовин досягнув величезної цифри — 10^{12} т. Корисні в момент споживання продукти техногенного колообігу речовин у формі відходів стають небезпечними для біосфери, оскільки порушують нормальні біогеохімічні колообіги (В. Г. Горшков, 1985).

Якщо біогенні колообіги речовин маловідходні, то кінцеві і побічні продукти техногенного колообігу речовин виявляються стійкими, зберігаються впродовж багатьох століть і тисячоліть, чинять надзвичайно несприятливу дію на все живе внаслідок своєї токсичності чи механічної шкідливості.

Як вираз крайньої життєвої необхідності в 1979 р. 34 європейські держави прийняли “Декларацію про маловідходну і безвідходну технологію і використання відходів”, до якої пізніше приєдналося багато інших країн, у тім числі США, Канада. У цій Декларації підкреслювалось, що її метою є *охорона навколишнього середовища і раціональне використання ресурсів*. На жаль, реалізація принципів і цілей. Декларації виявилась упродовж другої половини ХХ ст. дуже обмеженою. Екологічна конверсія промислового і сільськогосподарського виробництва залишилась завданням на ХХІ ст. (Ю. А. Злобін, 1993).

Держави світу завжди відрізнялися за рівнем соціально-економічного розвитку. ХХ ст. не зменшило, а, навпаки, загострило ці відмінності. У світовій спільноті почав чітко простежуватись контраст між так званими розвиненими країнами і країнами, що розвиваються.

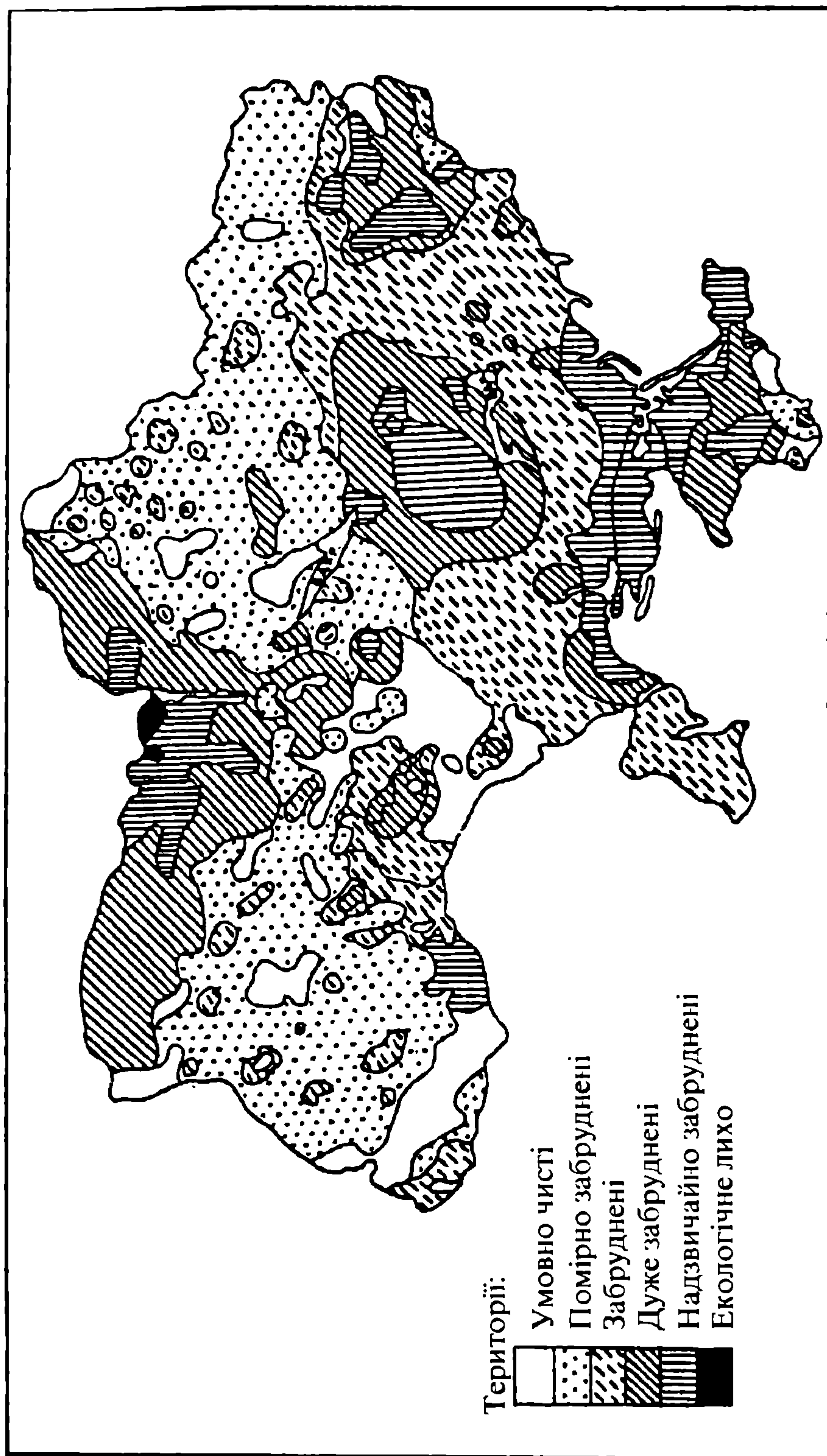


Рис. 2.2. Районування території України за ступенем забруднення (за Л. Г. Руденко і В. А. Барапоносським, 1989)

Таблиця 2.6. Рівень техногенного забруднення природного середовища на території України (за В. А. Боковим і А. В. Луциком, 1998)

Регіон	Викиди в атмосферу, т/га	Стічні води, м ³ /га	Потрапляння мінеральних добрив, кг/га	Потрапляння пестицидів, кг/га	Розораність, %
Західне Полісся	0,09	2,0	218	5,2	55
Українські Карпати	0,17	9,0	257	7,3	25
Поділля	0,07	2,9	168	5,3	21
Придніпров'я					
Київське	0,06	5,4	144	5,0	35
Лівобережне	0,09	8,2	150	4,5	19
промислове	0,56	104,6	121	3,5	71
Донбас	0,07	24,4	155	3,7	65
Причорномор'я	0,05	17,6	124	4,6	15
Автономна Республіка Крим	0,19	8,8	123	16,9	29

Розвиненими називають країни з високим національним доходом на душу населення, **країнами, що розвиваються**, — з низьким. І хоча наприкінці століття в розвинених країнах мешкає лише 25 % населення, на їхню частку припадає 80 % сукупного світового багатства. Відповідно на 75 % населення країн, що розвиваються, залишається тільки 20 % сукупного світового корисного продукту. Природно, що така ситуація не полегшить політичних і економічних завдань регулювання якості природного середовища.

Значне антропогенне трансформування природного середовища властиве Україні (табл. 2.6.). Промислові райони відрізняються надходженням великих кількостей техногенних відходів, сільськогосподарські — потерпають від значного преса з боку добрив і пестицидів. У разі розділення території України на шість регіонів за ступенем антропогенного забруднення природного середовища (рис.2.2) видно, що чисті райони займають дуже невелику площу.

Розділ 3

ГЛОБАЛЬНИЙ АНТРОПОГЕНЕЗ І ДЕГРАДАЦІЯ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Антропогенні зміни природного середовища

Ще в ХІХ ст. К. Маркс чітко визначив, що будь-яке виробництво — це привласнення індивідумом предметів природи. Упродовж усього ХХ ст. ці предмети природи — багатства надр, ресурси біосфери та все інше споживалося і витрачалося в максимально можливих обсягах. Цьому однаковою мірою сприяли як загальні принципи ринкової економіки, згідно з якими вартість є уречевленим трудом, а природні ресурси як такі вартості не мають, так і принципи соціалізму, образно сформульовані І. В. Мічуріном: "ми не можемо чекати милостей від природи, взяти їх у неї наше завдання". Про "боротьбу з природою" писав М. Горький, будівництво атомних електростанцій на Україні оспівував письменник І. Драч. Людство вступило в ХХ ст. під гаслом: природа не храм, а майстерня. Такий підхід не міг не завершитися глобальною деградацією природного середовища земної кулі. Найчіткіше вона почала проступати як явище, що охопило всю планету, з початку 70-х років (Ф. Кастрі, 1981; В. А. Смакова та А. С. Трутченков, 1995).

Економічна криза, що розвинулась у ХХ ст., — явище як еколого-біологічне, так і соціально-економічне (Д. Х. Медоуз та ін., 1994; Т. Бастман, 1995; П. Ревель, Ч. Ревель, 1995). Вона виявляється в багатьох процесах деградації природного середовища і втрати ним базових вихідних якостей, а сама криза відрізняється глобальним характером своїх виявів. На основі зміни якості природного середовища починають масово погіршуватись показники здоров'я населення (М. Г. Шандала, Я. І. Звиняцьківський, 1988).

Розвиток деградаційних процесів на планеті передрікався давно. Великий мислитель Ібн Сіна (Авіценна) ще десять століть тому назад помітив, що хід суспільного розвитку і господарської діяльності, який складався, згубний для природи і небезпечний для людства.

Громадський діяч Давнього Риму Ціцерон у І ст. до н. е. був

надзвичайно стурбований масовими вирубуваннями лісу на Апеннінському півострові й пропонував винищення лісів вважати злочином перед державою. Однак особливо численними стали застереження про деградацію природи планети у другій половині ХХ ст., коли окремі локальні екологічні лиха почали переростати в глобальну екологічну кризу.

До 1977 р. у природне середовище як відходи промисловості і сільського господарства потрапило 7 млн т свинцю, 123 тис. т ртуті, 37 млн т арсену і велика кількість інших токсичних речовин. Водночас з літосфери для потреб виробництва видобувались величезні кількості гірських порід. Наприклад, у США в 1980 р. у розрахунку на одну людину добували 2,83 т піску і гравію, 3,9 т щебеню, 19,2 кг алюмінію, а загальний світовий видобуток мінеральних ресурсів в цей період оцінювався в 30 млрд т (Б. Скіннер, 1989).

Понад чверть століття тому назад, у 1972 р. Римський клуб опублікував тривожний прогноз розвитку людської цивілізації “Межі росту”, виконаний у Массачусетському технологічному інституті (США) групою фахівців під керівництвом Д. Медоуза, який передрікав небезпечну деградацію природного середовища проживання. Дещо пізніше Д. Медоуз підготував і опублікував нову книжку “За межами росту”, в якій проаналізував розвиток системи людство — природне середовище на основі матеріалів 1970—1990 рр., що також свідчили про глобальну екологічну кризу і підтверджували правильність початкових оцінок масштабу деградаційних процесів. У другій половині ХХ ст. немало інших відомих учених і державних діячів (М. Амосов, Ж. І. Кусто) висловлювали стурбованість з приводу зростаючої загрози людству з боку наслідків стихійного науково-технічного прогресу. Однак усі ці застереження отримали мало заходів у відповідь — екологічна криза природного середовища посилювалась.

Екологічна криза ХХ ст. має якісно іншу природу порівняно з усіма попередніми кризами. Це перша криза, що охопила всю планету, яка повністю спричинена не природними процесами, а демографічними і технолого-виробничими. Темпи зміни параметрів біосфери, породжені цією екологічною кризою, виявились у сотні і тисячі разів вищими за темпи природної еволюції. Розпочалася загальна глобальна деградація природного середовища проживання.

Член ірландської партії зелених П. Емерсон (1991) вважав, що всі соціально-економічні системи, випробувані людством за весь час його існування, ґрунтувалися на пріоритеті *споживання* і тому виявились ворожими природі. Фінський учений Г. Х. фон Райт сформулював концепцію кризи екологічних цінностей як менталі-

тетну основу морального виправдання людства перед нащадками за деструктурний шлях розвитку цивілізації.

На думку Дж. Уеста (1991), західна цивілізація дала цілий комплекс догматичних уявлень, що забезпечили протиріччя в системі людське суспільство — природа. Це антропоцентризм, споживацька парадигма, зневага до “примітивних народів”, які живуть у гармонії з природою. Символами прогресу і благополуччя у суспільстві став розвиток техніки і потужність промислового виробництва, а не якість життя і збалансованість відносин людства з природним середовищем.

Провідниками технократичного варіанта цивілізації стали насамперед економічно розвинені країни. У цьому відношенні еталоном розвитку в бік економічного благополуччя за будь-яку ціну може служити Німеччина. Для неї характерні: а) майже повна урбанізація — в містах мешкає 90 % населення; б) високий потенціал розвитку промисловості, яка домінує в економіці; в) розвинена інфраструктура — в країні найвища у світі щільність автомобільних шляхів і залізниць, а особистий автомобільний транспорт має щільність 100 штук на 1 км² території; г) розвинена енергетика — в країні працює 19 АЕС. Проте водночас Німеччина, як і інші економічно розвинені країни, не стала еталоном економічного благополуччя, і проблеми стану навколишнього середовища тут не менш гострі, ніж в інших регіонах світу.

Деградація природного середовища виявляється у формі феноменів двох типів: а) порівняно невеликих за потужністю, але які діють упродовж тривалого часу; б) разових катастрофічних, які виникають у разі аварій і небезпечні не лише за потужністю, а й за раптовістю і різкістю дії.

У другій половині нашого століття нагромадилось достатньо багато прикладів негативного впливу на біосферу і тих, і інших антропогенних дій, що злилися в єдину глобальну екологічну кризу.

Локальні екологічні катастрофи

На фоні загальної деградації природного середовища створюються передумови для все частішого розвитку надзвичайних екологічних ситуацій та екологічних катастроф. Під **надзвичайними екологічними ситуаціями** розуміють виникнення раптових природних лих чи технологічних аварій, що супроводжуються великими економічними збитками (В. А. Боков, А. В. Лущик, 1998). Під час надзвичайних екологічних ситуацій показники природного середовища істотно відхиляються від норми, перевищуючи ГДК забруднювальних речовин у сотні і тисячі разів. Однак такі відхилення недовготривалі: години, дні, рідше десятки діб. Тривалий стан

надзвичайної екологічної ситуації спричинює виникнення екологічної катастрофи.

Причини виникнення надзвичайних екологічних ситуацій і катастроф такі: а) стихійні природні явища, які, правда, можуть бути спровоковані людською діяльністю (наприклад, снігопади і повені в Карпатах у 1999 р. виникали не лише внаслідок надмірної кількості опадів, а й внаслідок вирубування лісу на схилах і непередбаченого розміщення населених пунктів); б) неправильні технологічні рішення, як це сталося під час аварії на Чорнобильській АЕС; в) свідоме руйнування природного середовища під час воєнних дій або актів диверсії.

Число і частота локальних екологічних катастроф у світі впродовж другої половини ХХ ст. швидко збільшувались: за десятиліття з 1960 по 1970 р. їх було 14, а за десятиліття з 1980 по 1990 р. великих катастроф зареєстровано вже 70. Тільки у 1989 р. у світі відбулося 1773 великі аварії з викидами в навколишнє середовище нафти та різних токсичних речовин. Почали реєструвати *техногенні землетруси* (Німеччина, Білорусь та ін.), що виникають внаслідок виймання гірських порід, нафти або газу, спорудження водосховищ, закачування промислових стічних вод у пласти гірських порід або відкачування таких вод. Природне середовище, що нас оточує, стає все більш ненадійним (Б. В. Андріанов, 1993).

Широкий світовий резонанс мала трагедія в Севезо. Севезо — це невелике італійське місто за 30 км від Мілану. Тут у липні 1976 р. на хімічному заводі сталася аварія, внаслідок якої в атмосферу потрапило всього 2 кг тетрахлордибензодіоксину (ТХДД). Однак ТХДД — надзвичайно сильна отрута, що діє в 67 тис. разів сильніше, ніж ціанід калію. Внаслідок цієї аварії в окрузі Севезо багато людей дістало важкі хронічні захворювання, загинуло понад 78 тис. сільськогосподарських тварин. Упродовж багатьох років у цьому районі народжувались діти з вродженими каліцтвами.

Іншою, трагічною і повчальною за наслідками була аварія 1984 р. на хімічному комбінаті в м. Бхопал (Індія). Тут в атмосферу було викинуто 30 т метилізоціанату — надзвичайно сильної отрути, яка є проміжним продуктом синтезу багатьох пестицидів. Безпосередньо в момент катастрофи загинуло 2,5 тис. чоловік, а ще 200 тис. чоловік дістали тяжкі хронічні отруєння. Причини цієї катастрофи досить очевидні. Це низька технічна грамотність персоналу та нехтування засобами безпеки і запобігання аварій в силу економічних труднощів Індії.

У населення України велику тривогу свого часу викликала чернівецька ситуація. Тут у 1988—1989 рр. почало швидко розвиватися незвичайне масове тяжке захворювання дітей, що супроводжувалось

випаданням волосся, ураженням нервової системи і дихальних шляхів. Доки працівники медицини шукали причини захворювання, в обстановці паніки до листопада 1989 р. з 15 175 школярів у Чернівцях залишилось лише 559, а з 33 426 дошкільнят — лише 5000. Врешті-решт причину захворювання пояснили забрудненням навколишнього середовища талієм і частково бором внаслідок одноразового промислового викиду, однак моральні і матеріальні втрати населення міста були незліченні.

Не менш горезвісно відомий “киришинський синдром”. У м. Кириші, розміщеному на північному сході Росії, було зафіксовано масове захворювання мешканців, яке було викликане викидами спорудженого тут біохімічного заводу з виробництва мікробіологічного білка — паприну, або БВК (білково-вітамінний концентрат). Виробництво БВК має досить довгу історію. Вперше мікробіологічний синтез білка на основі грибів роду *Candida* було здійснено в Німеччині ще в першу світову війну. Згодом ця технологія дещо поширилась у США і Великій Британії. В колишньому СРСР виробництво БВК було розпочато у 80-х роках на основі рідких парафінів нафти, метанолу і природного газу і досягло понад 1 млн т БВК за рік. Однак це виробництво екологічно було настільки брудним, технологія і заходи безпеки порушувались так грубо, що викиди дрібнодисперсного папринового (БВК) пилу в атмосферу були практично неминучими. Вплив цього пилу на органи дихання людини дуже негативний, що призводить до розвитку тяжких алергійних астмоподібних захворювань, що нерідко призводять до смерті. Досі застосування БВК у тваринництві, і тим більше у харчування людини залишається спірним. Усі біотехнологічні виробництва самі собою мають підвищену небезпеку, оскільки для їхнього проведення методами генної інженерії почали створювати особливі штами мікроорганізмів. Вирвавшись “на волю”, вони можуть виявитись набагато небезпечнішими, ніж хімічні та радіоактивні забрудники.

Моделями особливо великих екологічних катастроф стали Чорнобильська, Аральська екологічна криза, війна в Ірані.

Локальні кризи, катаклізми та інші порушення, наскільки можна судити з палеографічних даних, не є рідкістю в історії людської цивілізації. Одна з перших екологічних криз розігралася в кінці плейстоцену, коли внаслідок інтенсивного полювання були вичерпані запаси основної дичини — мамонтів, шерстистого носорога, гігантського оленя, степового зубра. Це змусило людину перейти від полювання як основного способу добування їжі до землеробства і скотарства. Друга криза простежувалась у деяких районах північного заходу Індії і Середньої Азії, де швидка деградація ґрунту і спустелення, що розвинулись внаслідок інтенсивного ведення господарства і

неправильної системи зрошення, зробила ці надзвичайно родючі райони малопридатними для життя людини.

Однак у минулі століття вихід із таких криз був порівняно простим — центр економічного розвитку зміщувався в інший район або людина змінювала спосіб господарювання. У ХХ ст. такі способи ліквідації локальних екологічних криз стали вже неможливими — локальні порушення природного середовища виявились настільки численними, що почали зливатися одне з одним і призводити до руйнування природного середовища земної кулі.

Глобальна деградація природного середовища

Головна небезпека для людства полягає не в окремих екологічних катастрофах, якими б трагічними не були їхні наслідки, а в поступовій деградації природного середовища під впливом здавалося б малопомітних результатів виробничої діяльності. Вони спричинюють такі серйозні планетарні явища, як глобальне потепління, кислотні дощі, спустелення, втрата біосферою біологічної різноманітності.

Потепління клімату. Зміни клімату впродовж тривалих історичних періодів вивчають методом глибинного зондування вічних льодовиків. Такі зондування в Антарктиді проводили до глибини 2 км, що охоплює останні 160 тис. років. Доведено, що впродовж історії земної кулі клімат істотно змінювався, але до початку розвитку людської цивілізації такі зміни відбувалися поступово. І лише в другій половині ХХ ст. вималювалось нове явище — швидка зміна клімату під впливом антропогенної діяльності.

Антропогенні зміни клімату Землі відбуваються під впливом великого числа дій. Згідно з даними М. Мюллера (1992), потепління клімату викликається в основному парниковим ефектом, який на 46 % спричинений виробництвом енергії шляхом спалювання викопного палива, що супроводжується викидами в атмосферу вуглекислого газу, на 24 % забрудненням атмосфери іншими хімічними речовинами, зокрема метаном, на 18 % вирубуванням лісів та ерозією ґрунтів, що призводить до зниження біологічного зв'язування вуглекислого газу, на 9 % інтенсифікацією сільського господарства, пов'язаною з надходження в атмосферу підвищеної кількості оксидів азоту, на 3 % спалюванням сміття.

Вуглекислий газ, як і інші парникові гази, здатний утримувати теплове випромінювання біля поверхні планети і тим самим викликати підвищення температури.

Загальний вміст парникових газів у сучасній атмосфері становить (у частинах на 1 млн): вуглекислого газу — 355, метану — 1,75, оксидів азоту — 0,31, хлорфторвуглеводнів — 0,001. Річний приріст концентрації

цих газів у повітрі становить, %: вуглекислого газу — 0,5, метану — 0,7, оксидів азоту — 1,0, хлорфторвуглеводнів — 0,3. Внаслідок перебігу природних процесів в атмосферу надходить і надходило близько $7 \cdot 10^{11}$ т вуглекислого газу, антропогенне спалювання палива додало ще $1,5 \cdot 10^{10}$ т CO_2 . Лише в 1987 р. в атмосферу планети надійшло 5,5 млрд т вуглекислого газу, що становить 1 т на одну людину за рік. Розвинені країни продукували за цей рік 3,2 т CO_2 на одну людину, а країни, що розвиваються, — 0,4 т CO_2 . З 1950 по 1990 р. світовий викид вуглекислого газу зріс на 30 %. Лише одне вирубування лісів спричинило збільшення в атмосфері вмісту вуглекислого газу на 20 %.

У сумарні викиди вуглекислого газу в атмосферу чималий внесок робить автотранспорт — близько 47 %. Навіть така невеличка країна як Японія формує викид вуглекислого газу від автомобілів у $144\,077 \times 10^3$ т/рік. Друге місце за розміром викидів антропогенного вуглекислого газу в атмосферу посідають паливні енергоустановки. За станом на 1988 р. загальний внесок в антропогенний вуглекислий газ оцінювали так: США — 17,1 %, СРСР — 13,5 %, Китай — 8,1 %, Бразилія — 5,7 %. Загалом розвинені країни давали 54 % антропогенного вуглекислого газу, а країни, що розвиваються, — 46 %. У сукупності антропогенні викиди вуглекислого газу призвели до того, що за останні 100 років його вміст в атмосфері збільшився на 20 %, а за іншими оцінками навіть на 30 %. Вважають, що концентрація вуглекислого газу в атмосфері порівняно з доіндустріальною епохою збільшилась не менш ніж на 28 %. Так чи інакше, на початку нашого століття вміст вуглекислого газу в атмосфері становив 0,03 % за об'ємом, а нині — 0,035 %.

Такі кількісні оцінки навіть на основі найбільш деталізованих моделей не безперечні, а іноді й спірні. Річ у тім, що перші обліки вмісту вуглекислого газу в атмосфері, виконувані за стандартною методикою, було розпочато лише в 1958 р. на станції Мауна Лоа на Гавайських островах (цей район було вибрано спеціально як такий, що знаходиться на максимальній відстані від промислових центрів, що дає змогу реєструвати глобальну, а не вузько регіональну зміну концентрації вуглекислого газу в атмосфері). Проте ці, хоча й порівняно короткотермінові дані, доводять, що швидке потепління клімату планети — реальний процес.

Шведський учений С. Арреніус ще в 1896 р. висловив думку про те, що викиди в атмосферу антропогенного вуглекислого газу спричинять потепління клімату, оскільки океан не зможе поглинути увесь антропогенний вуглекислий газ. Міркування сучасних фахівців збігаються в тому, що антропогенні забруднення атмосфери парниковими газами справді спричинюють потепління клімату, хоча вони по-різному оцінюють розмір цього потепління.

Збільшення середньорічної температури Землі за останнє десятиліття визначається з розкидом від 6 до 2...2,5 °С. Вважають, що в другій половині ХХ ст. температура за кожні 10 років підвищувалася пересічно на 0,3 °С. Ці висновки підтримала в 1990 р. Друга міжнародна конференція, яка відбулася в Женеві. За даними фахівців ООН до 2100 р. в разі збереження щорічного приросту споживання людством енергії на 2—4 % температура Землі підвищиться на 3 °С.

Варто врахувати і такий цікавий факт. Усі прогнози розвитку клімату планети, виконані до початку 70-х років (а їх було понад 20), пророкували похолодання. І лише в 1973 р. з'явився перший прогноз Х. Лема, де було враховано збільшення в атмосфері вмісту антропогенних парникових газів і передбачено потепління клімату. Цей прогноз справдився.

Саме по собі потепління клімату може спричинити зміни режиму погоди у великих регіонах планети і насамперед позначитись на сільськогосподарському виробництві. Виникне потреба у зміні агротехніки, районуванні культурних рослин і тварин і взагалі в реорганізації бази сільського господарства.

Японський учений Д. Утідзіма (1991) вважає, що лише це спричинить підвищення вартості сільськогосподарської продукції на 10—20 %. Потепління клімату вигідне розвиненим країнам, розміщеним у помірному поясі, в той час як для субтропіків і тропіків, де розміщені країни, що розвиваються, потепління клімату принесе активний розвиток спустелювання (К. І. Кобак, Н. Ю. Кондрашова, 1992). Це може поглибити конфлікти між розвиненими країнами і країнами, що розвиваються.

Однак, мабуть, небезпечніше інше — під впливом потепління почне танути крига Арктики, Антарктики і високогірних регіонів. Збільшення стоку спричинить підняття рівня Світового океану.

В 1987 р. прем'єр-міністр Норвегії Г. Х. Брундтланд представив доповідь "Наше спільне майбутнє", в якій було висловлено серйозне побоювання щодо наслідків підняття рівня Світового океану. В цій доповіді, зокрема, наголошувалось, що будуть затоплені низько розміщені міста і сільськогосподарські райони, тому багато країн повинні враховувати, що їхні економічні, соціальні і політичні структури можуть бути серйозно порушені.

Безперечно одне, що за останні 10 років пересічна температура на планеті вже зросла як мінімум на 0,2—0,5 °С. Це відповідає підніманню рівня Світового океану на 3—10 мм/рік. За останні 100 років згідно з даними точного обліку рівень Світового океану пересічно підійнявся на 0,15 м, а швидкість підіймання його рівня становить 1,2 мм/рік. З 1960 р. рівень води у Світовому океані підіймається на 0,54 мм/рік. Є реальна небезпека, що до 2100 р. рівень

Світового океану підійметься як мінімум на 0,65 м, а за максимальними оцінками — навіть на 3,45 м. Зменшення площі суходолу може мати серйозні соціальні наслідки.

Звичайно, є й оптимісти (А. Якшин, Шервуд Ітсо та ін.), які вважають, що в геологічній історії Землі сильні потепління простежувалися й раніше, що потепління має природний характер і що катастрофи не буде. Однак такі оптимісти, мабуть, не враховують, що в попередні геологічні епохи темпи потеплінь були дуже повільними, а людських поселень на Землі взагалі не було. Нині в прибережних регіонах живе 70 % усього людства. Та й температура планети нині найвища за останні 100 тис. років.

Потепління клімату загрожує й серйозними змінами усього живого населення планети. За умов потепління клімату вже розпочався перерозподіл опадів. За останні 100 років у Північній півкулі їх кількість зросла на 6—8 % за рік, відбулося також зміщення сезону опадів: їх максимум з квітня—червня почав чітко зміщуватись на вересень—листопад, що дуже несприятливо для сільськогосподарського виробництва. Американські вчені Р. Пітерс і Дж. Мейєрс (1991) виявили, що майбутнє потепління клімату призведе до загибелі на території США 14 тис. видів судинних рослин, тобто 20 % сучасної флори цієї країни.

У світовому потеплінні клімату є й інший небезпечний аспект. Воно може спричинити прискорення метаболізму, насамперед у мікроорганізмів, підвищення темпів їхньої біологічної еволюції, що може призвести до виникнення нових епідемій у людини і тварин, знаходити способи боротьби з якими буде дуже непросто.

За підрахунками фахівців ООН економічні збитки від прийдешнього потепління клімату можуть досягти 10^{13} ум. од. Людство не має таких ресурсів.

Запобігти швидкому потеплінню клімату можна насамперед скороченням викидів в атмосферу планети парникових газів.

У 1988 р. була прийнята Резолюція ООН № 43/53 “Охорона глобального клімату для сучасності і майбутніх поколінь людства”, яка орієнтує всі держави світу на розробку і впровадження конкретних заходів у цій сфері. Проте цей шлях поки що важкий і економічно дорогий. Тому необхідно всіляко збільшувати обсяг живої надземної і морської фітомаси, яка зв’язує вуглекислий газ атмосфери, припинити вирубування тропічних лісів і відновити лісову рослинність там, де це тільки можливо. Адже в деревній масі лісів планети щорічно може зв’язуватись до 3 млрд т вуглекислого газу.

Руйнування озонового екрана атмосфери. Озоновий шар розміщується в атмосфері на висоті 12—23 км і захищає поверхню планети від жорсткого ультрафіолетового випромінювання з довжиною хвилі 320—400 нм. Процес руйнування озону в стратосфері ініціюється різ-

ними речовинами. Як вперше довели учені США М. Моліна та Т. Роуленд, це насамперед хлор- і бромпохідні вуглеводнів, що дістали назву *фреони*, а також тетрахлорид вуглецю, метилхлороформ та ін. Однак основний внесок належить фреонам, які широко застосовуються в холодильних установках різних типів, в аерозольних балонах тощо. Світове виробництво фреонів на початку 90-х років перевищило 1360 тис. т за рік (71 % фреонів виробляють США і розвинені країни Західної Європи). Типове співвідношення джерел надходження в атмосферу речовин, що руйнують озон, на прикладі Росії в 1992 р. подано на рис. 3.1.

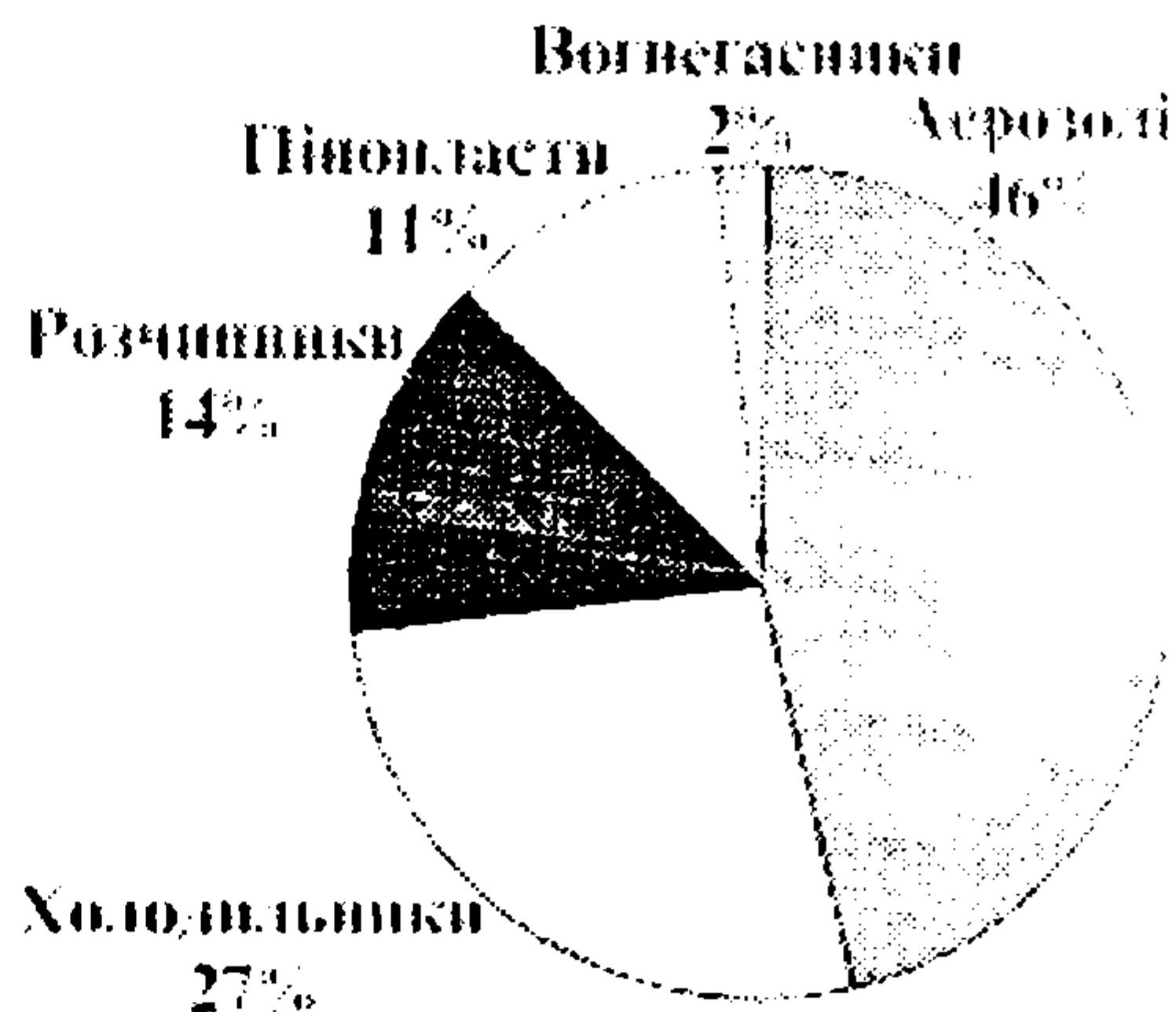


Рис. 3.1. Співвідношення різних форм речовин, які руйнують озоновий екран (за даними Ю. В. Новикова, 1998)

У руйнування озону стратосфери викидами продуктів згоряння палива певний внесок робить космічна і ракетна техніка. Найбільш шкідливі ракети, що працюють на твердому паливі. За ступенем шкідливості різні типи ракет розподіляються так. Перше місце за шкідливістю посідають американські ракети типу “Дельта” і “Титан II”, друге — французькі ракети типу “Аріан V”, третє — ракети колишнього СРСР “Вертикаль” і “Протон”. Найбільш екологічно чистою була ракета колишнього СРСР “Енергія”, оскільки пальне, на якому вона працювала, не містило ні хлору, ні азоту.

Забруднюють високі шари атмосфери оксидами азоту також сучасні надзвукові літаки. Перспективно небезпечними є оксиди азоту, оскільки вони утворюються внаслідок перетворення в ґрунті азотних добрив, використання яких прогресивно наростає.

Зменшення потужності озонового екрана атмосфери спричинює також підвищене споживання кисню, який є агентом горіння в усіх основних промислових виробництвах. На території США наприкінці ХХ ст. споживання кисню виявилось настільки великим, що його концентрація в атмосфері підтримується лише за рахунок транс-кордонного перенесення. Згідно з розрахунками, до 2000 р. сумарна витрата кисню на планеті досягне 210—230 млрд т, а зелені рослини нині здатні продукувати близько 240 млрд т (Ю. В. Новиков, 1998).

Дослідження озонового екрана у верхніх шарах атмосфери розпочалися з 1930 р. Згодом вони розширились і для спостереження було створено спеціальну мережу станцій (мережа Добсона). Облік кількості стратосферного озону за період з 1980 по 1991 р. з

канадського супутника “Німбус-7” довів, що швидкість руйнування озону становить 0,224 % за рік. За оцінками НАСА США за період з 1978 по 1990 р. концентрація озону в озоновому шарі зменшилась на 4—5 %. Основний внесок у руйнування озонового екрана роблять промисловість і сільське господарство США, Японії і Великої Британії. Лише одна компанія “Дюпон” несе відповідальність за пошкодження 13,7 % озонового екрана. Деякою мірою виснаження озонового екрана можна компенсувати нагромадженням тропосферного озону, який також поглинає ультрафіолетове випромінювання, однак великих сподівань на це покладати не можна — тропосферний озон отруйний для живих організмів.

Зменшення потужності озонового екрана і розриви в ньому спричиняють збільшення кількості ультрафіолетового випромінювання, яке досягає поверхні Землі. Згідно з даними, отриманими із супутників, за останні 10 років потужність ультрафіолетового випромінювання збільшилась на 10 %, а в Антарктиді, де стійко зберігається “озонова дірка”, — на 40 % (С. Мадронич, 1992). Деградація озонового екрана атмосфери в разі її подальшого розвитку може поставити під загрозу існування всього живого на планеті внаслідок впливу жорсткого космічного випромінювання, що постійно посилюється (Ш. Роун, 1993; Ю. Г. Мизун, 1993).

За даними “Грінпіс”, у разі зменшення товщини озонового шару на кожні 10 %, число випадків захворювання на рак шкіри зросте на 300 тис. Частішають захворювання на катаракту очей. Доведено, що в разі передозування ультрафіолетового випромінювання знижується імунітет, стають частішими і тяжчими інфекційні захворювання людини і сільськогосподарських тварин.

На основі міжнародної угоди розвинені країни світу до 1996 р. повністю припинили виробництво фреонів — найважливішого руйнівника озону, однак країни, що розвиваються, зможуть це зробити не раніше 2010 р. Глобальний екологічний фонд на ці цілі виділяє особливі гранти.

В Україні проводять ретельний контроль за станом озонового шару над її територією. Працюють шість спеціальних станцій (у містах Києві, Одесі, Борисполі, Богуславі, Львові і Феодосії), які контролюють надходження ультрафіолетової радіації. Вони виявили, що з 1980 р. озоновий екран над Україною стає менш потужним. Враховуючи це, Україна приєдналася до конвенції 1985 р. щодо охорони озонового екрана й скорочення викидів і виробництва фреонів та інших речовин, які руйнують озоновий шар.

Спустелювання. Спустелювання — це виснаження аридних і напіваридних екосистем під впливом діяльності людини і посух. Спустелювання відбувається в основному в посушливих районах. Воно

полягає у сильній деградації природних біомів і втраті родючості ґрунтів. Території, які зазнали спустелювання, вже не здатні до самовідновлення.

Спустелювання в світі уже зазнало 4616 млн га земель і площі спустелених земель продовжують збільшуватись. Темп спустелювання впродовж XX ст. був особливо високим: щорічно за його рахунок територія пустель світу зростала на 60 000 км².

Сучасне людство вперше зіткнулося із спустелюванням великої території в 1968—1973 рр., коли спустелювання південного району Сахари, так званого Сахеля, спричинило голод серед місцевого населення.

Іншим яскравим прикладом антропогенного спустелювання є Аральський регіон. До 1960 р. середній багаторічний рівень стояння води в Аральському морі становив 53 м над нулем Кронштадтського футштока. Площа моря становила 68 320,5 км². Щорічний річковий стік в Аральське море був не меншим ніж 60 км³.

У цьому районі в басейнах річок Амудар'я і Сирдар'я у 1960—1990 рр. було споруджено багато великих зрошувальних систем. Річковий стік в Аральське море різко скоротився (до 4,5 км³/рік) й розпочався швидкий процес його обміління. За останні 25 років рівень води в Аральському морі знизився на 14,5 м. На площі 27 000 км² оголилось морське дно. Засохло 300 тис. га прибережних заростей очерету. Саме Аральське море розділилося на дві окремі водойми — Великий Арал і Малий Арал із загальною площею всього 41 000 км². Солоність води в них збільшилась втричі. На колишньому дні моря, що оголилося, сформувалася солоня безживна пустеля. Вітер розносить солоний пісок далеко за її межі на багато сотень і тисяч кілометрів. З Аральської улоговини виноситься від 15 до 75 млн т солі щорічно. Обсяг такого перенесення пиловими бурями і поземкою оцінюють відповідно в 4583 і 5088 т/км², а швидкість наступу солоно-піщаних дюн на прилеглу територію становить 0,5—1,0 км/рік. Солоність ґрунтів Аральського регіону зросла з 0,04 ‰ у 1960 р. до 2,4 ‰ у 1990 р.

Флора і фауна Аральського моря та його узбережжя сильно постраждали. У морі загинуло 70 % його мешканців. Збереглися лише солестійкі види. Зарості очерету на узбережжі, що були місцем проживання багатьох видів птахів, звірів, комах, зменшились за площею втричі і перетворилися на піщану пустелю. Біопродукція цих біомів зменшилась у 37 разів.

Зрошувальні системи, заради яких був занепашений Арал, експлуатували по-неуцьки. Із кожних 180 км³ води 80 км³ втрачалось. Один лише Каракумський канал забирав із р. Амудар'ї 27 км³ води, а на поля її надходило лише 7 км³. Норми поливу завищувались у 2—3 рази. Врожайність бавовнику фальсифікувалась, а на фіктив-

ний урожай списували реальну воду. Відбувався швидкий процес засолення зрошуваних земель. За останні 15 років площа засолених орних земель зросла з 1076 до 2150 тис. га, а з 1930 по 1990 р. в одній лише Ферганській долині площа дуже засолених земель збільшилась з 36 до кількох сотень тисяч гектарів, а середньозасолених — з 4 до 50 тис. га. Так званий “тотальний принцип” штовхав на 100 % зрошення орних земель і монокультуру бавовник. Адже ж у давнину цей регіон мав стійкий землеробський характер, оскільки співвідношення зрошуваних і незрошуваних земель мудро підтримувалось як 1 : 1 або навіть 1 : 2, культивувались найрізноманітніші рослини.

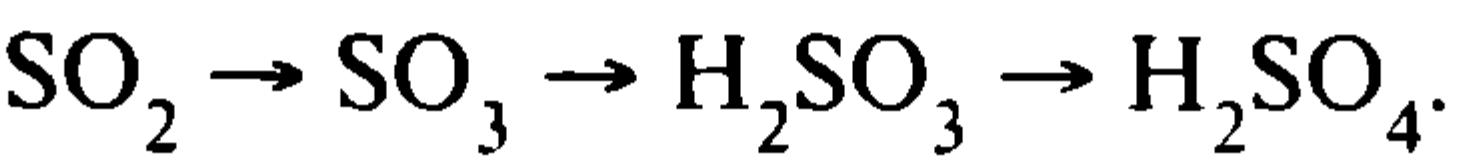
Аральська катастрофа завершилась аридизацією клімату на великій території. Вона позначається на південь від Аралу на 400—1000 км. На відстані 250 км від Аралу рівень стояння ґрунтових вод знизився на 5 м.

Комплексні зміни екологічного середовища і природних біомів настільки глибокі, що відновити Арал як комплексну екосистему вже неможливо. Для нинішнього покоління проблема Аралу не лише екологічна, а й соціальна. В Аральському регіоні мешкає 70 % усього населення Середньої Азії. Згортання сільськогосподарського виробництва у зв’язку з відсутністю води і засоленням, ліквідація рибної промисловості Аралу та деяких інших галузей господарства створили дуже гостру проблему трудової зайнятості населення.

Різко зросла захворюваність. Під час обстеження населення Аральського регіону дерматологами виявлено, що 60,8 % населення хворі на алергічні дерматити (З. Б. Кешильова та ін., 1991). Ситуацію, що склалася в Аральському регіоні, І. Г. Черванов (1990) назвав екоавтогеноцидом — самознищенням населення під впливом деградації екологічного середовища. Арал для людства виявився прикладом рукотворної великорегіональної екологічної катастрофи, спричиненої народногосподарською діяльністю, що ігнорувала екологічні закони. Він повинен послужити уроком для всього цивілізованого людства. Не безкорисний цей урок і для України, яка є співвласником Азовського і Чорного морів.

Кислотні опади. *Кислотними* називають будь-які опади — дощ, сніг, туман, водневий показник (рН) яких менший за 7,0, тобто вони мають кислу реакцію. Реєстрування кислотності атмосферних опадів проводиться досить точно за кислотністю криги льодовиків Антарктиди, Гренландії та Альп. Воно показує (М. Лал та ін., 1991), що ще 180 років тому назад рН дощової вологи було на рівні 7,0, тобто нейтральним. Кислотні дощі вперше було зареєстровано в 1872 р. в англійському місті Манчестері. Основна причина випадання кислотних дощів полягає в надходженні в атмосферу оксидів азоту та сірки. Підраховано, що на території Росії в 1996 р. осіло 4 млн т сірки і 1,25 млн т нітратного азоту.

Кислотні опади формуються переважно внаслідок спалювання пального, що містить сірку, коли відбуваються реакції



За даними Х. Катайнена (1977), який склав карту випадання кислотних дощів над Європою за період 1958—1975 рр., їх частота за цей період зростала, а середній вміст сірковмісних сполук в опадах коливався від 100 до 700 мг/м² території. Внаслідок цього у Західній Європі, як і в інших районах світу з розвиненою промисловістю, почалося масове засихання лісів і закислення ґрунтів (Г. Є. Заїков та ін., 1991; З. Душан, 1991). Масштаби цього процесу можна простежити за даними табл. 3.1.

Найчутливіші до кислотних опадів ялинові і піхтові ліси в Європі почали підсихати. Вважають, що в цьому районі від кислотних опадів у 1992 р. потерпіло 31 млн га лісів. Насамперед починають засихати хвойні деревостани віком понад 60 років. У Німеччині, наприклад, лише з 1982 по 1984 р. площа пошкоджених кислотними дощами хвойних лісових масивів зроста з 8 до 50 %, а до 1990 р. — до 75 %. У 1990 р. у лісах Франції було 28 % загублених дерев, в Іспанії масовим стало обпадання листків лісових рослин.

Лише в Європі збитки лісовому господарству від кислотних дощів оцінюють в 30 млрд умовних одиниць. Х. Роденкірхен (1992), який відстежував упродовж 20 років дію кислотних опадів на ліси Баварії, встановив, що пошкоджуються не лише деревостани. Змінюється видовий склад нижніх ярусів лісу, зростає буяння нітрофільних видів, розростається щучник, із травостою випадають чорниця і верес. Трансформується вся екосистема.

Кислотні опади нині випадають повсюдно. Високою кислотністю відрізняються опади в Західній Європі, в 1990 р. вона коливалась від 3,8 до 6,8, що було на 0,2 одиниці нижче, ніж у 1989 р.

Типовими стали кислотні опади й для України. Так, у Черкаській обл. опади закислені азотною кислотою,

Таблиця 3.1. Пошкодження лісів держав Європи кислотними опадами (за станом на 1990 р.)

Держава	Площа пошкоджених лісів, % загальної площі лісів
Данія	61
Нідерланди	25
Велика Британія	56
Швейцарія	52—56
Ліхтенштейн	55
Німеччина	52
Чехія	53
Польща	50
Бельгія	46
Угорщина	40
Югославія	39
Іспанія	37
Норвегія	36
Фінляндія	35
Австрія	33
Швеція	32
Греція	21
Румунія	20—30
Словаччина	38

у Сумській — сірчаною. В. В. Скиба, який вивчав у 1987—1988 рр. кислотність опадів Закарпаття, встановив, що рН талих снігових вод становить 5,7—6,6, а в високогір'ях навіть 4,2—4,6; рН дощових опадів дорівнює 5,7—6,8. Вони відрізняються високим вмістом нітратів (10—20 мг/л). Частота випадання кислотних дощів швидко наростає.

Територія України значною мірою забруднюється внаслідок транскордонного перенесення шкідливих речовин із країн Західної Європи. Кислотні опади надходять в Україну з масами атлантичного вологого повітря. Немає жодної країни, що межує з Україною за заході її кордонів, з боку якої перенесення забруднювальних речовин мало б нульовий, а тим більше від'ємний баланс.

Під впливом кислотних дощів відбувається швидке закислення води у річках, озерах, ставках та інших континентальних водоймах. Вода в таких водоймах із гідрокарбонатної перетворюється на сульфатну, у ній зростає вміст алюмінію і марганцю. В таких водоймах підвищена рухливість ртуті, міді, цинку. У водоймах із закисленою водою знижується видова різноманітність мешканців, найшвидше вимирають равлики, раки, багато видів молюсків і амфібії, розмножуються переважно один-два види (часто це водорість мужоція).

Від кислотних опадів насамперед страждають закриті водойми — озера і ставки. Так, у Канаді вже зареєстровано понад 14 тис. “мертвих” озер, у яких вода стала настільки кислою, що перешкоджає рослинному і тваринному існуванню. У Швеції таких озер понад 18 тис. За повідомленням Р. Райта (1991), закислені майже всі озера Норвегії. У Фінляндії внаслідок сильного закислення води у 670 озерах загинула популяція плотви та окуня. У Великій Британії навіть розпочато експерименти з вапнування озер з метою зниження кислотності їхніх вод.

Збитки від кислотних дощів ілюструють результати експерименту, проведеного Р. Райтом і М. Хохсом у 1991 р. в Норвегії, в процесі якого водозбірний басейн площею 860 м² було захищено від потрапляння в нього кислотних опадів. За шість років у ході цього експерименту кількість сульфатів, нітратів і амонію у воді зменшилась на 70%, почала інтенсивно розвиватися флора і фауна.

Під впливом кислотних дощів збільшилась кислотність ґрунтів. У багатьох регіонах значення рН ґрунту досягло 4,1—4,5. В Україні за останні 30 років площа кислих ґрунтів зросла на 30 %. У таких ґрунтах підвищується міграція свинцю, цинку, нікелю і міді. Це завдає збитків сільському господарству і природній рослинності. Кислі ґрунти потребують вапнування, що здорожує продукцію.

Кислотні дощі згубно впливають на культурні й архітектурні пам'ятки. Під їхнім впливом швидко руйнується мармур, активно відбувається корозія металів.

Воєнні аспекти деградації природного середовища. Воєнні конфлікти, навіть у разі їх локального характеру, завдають великої шкоди природному середовищу. Глобальні воєнні дії із застосуванням ядерної і хімічної зброї поза всяким сумнівом будуть означати повне руйнування біосфери і спричинять загибель людської цивілізації. На утримання армій та їх озброєння витрачаються величезні кошти. У 1978 р. воєнні витрати усіх держав світу обчислювались у 400 млрд умовних одиниць, а в 1980 р. вони зросли до 500 млрд умовних одиниць за рік. У кінці століття, незважаючи на закінчення холодної війни і зняття протистояння соціалізм — капіталізм, сумарні воєнні витрати в світі наблизились до 1000 млрд за рік.

Навіть саме існування збройних сил і військової промисловості є джерелом забруднення і деградації природного середовища. За даними М. Реннера, у 1981 р. на воєнні потреби в світі використовувалось близько 1 % території Землі, що відповідає площі 1,5 млн км². Лише в колишньому СРСР під військовими об'єктами було зайнято 42 млн га земель, із них 30 млн га — під полігонами. Навіть у Німеччині, де екологічні пріоритети ставили дуже високо, пересічна площа одного заповідника була 120 га, а одного військового полігона — 8000 га (всього їх було 19).

Військова промисловість є однією з найбільш екологічно шкідливих. Для потреб військової промисловості проводять розробку родовищ корисних копалин, у величезних кількостях виплавляють такі метали як алюміній, нікель, залізо, платину. Видобувають і переробляють радіоактивні речовини. Військова промисловість дає багато відходів. Один лише військово-промисловий комплекс США щорічно дає 400—500 тис. т токсичних відходів. Майже безперервно знищують застаріле військове обладнання, що також пов'язано із забрудненням навколишнього середовища.

В арміях світу служить близько 29 млн чоловік, а ще 16 млн чоловік працюють у галузях промисловості, що обслуговують армію. Польоти військових літаків спричиняють значне забруднення атмосфери, а запуски ракет призводять до надходження в її верхні шари великих кількостей оксидів азоту, що руйнують стратосферний озон. В океанах курсують 1134 великі військові кораблі.

Цілком очевидні економічні, моральні та екологічні збитки людській цивілізації від будь-яких війн — великих і малих. Під час першої світової війни 1914—1918 рр. загинуло 8 млн солдатів. Друга світова війна йшла на території 22,6 млн км² і забрала 55 млн людських життів (у тім числі 27 млн радянських громадян). Внаслідок вибухів лише двох атомних бомб, скинутих на японські міста Хіросіму і Нагасакі, загинуло 140 тис. чоловік. Крім людських втрат на

рахунку цієї війни радіоактивне зараження міст Хіросіма і Нагасакі, зруйновані заводи, шахти, житлові помешкання, знищені посіви. Вже після закінчення другої світової війни у локальних військових конфліктах до 1980 р. загинуло 20—22 млн чоловік. За період 1980—1999 рр. ця цифра буде не меншою.

Як спадок від другої світової війни від фашистської Німеччини залишилось 250 тис. т отруйних речовин (ОР) — іприту, люїзиту і фосгену. Вони частково були захоронені в залишених шахтах і бурових свердловинах, а частково в Балтійському морі. Крім цього, союзники по другій світовій війні СРСР, США і Велика Британія затопили в Балтійському морі й Атлантиці 120 тис. т бомб і снарядів з отруйними речовинами власного виробництва. Внаслідок цього у Балтійському морі в шести захороненнях (двох радянських і чотирьох англо-американських) нині знаходиться 302 тис. т отруйних речовин. Оболонки контейнерів з цими речовинами кородують і загроза потрапляння ОР у воду зростає з кожним роком, загрожуючи усьому живому в цих районах моря.

Збройні сили залишили свій слід в усіх регіонах світу. У період холодної війни місцем протистояння наддержав стали Арктика та Антарктика. В цих регіонах було проведено 508 випробувальних ядерних вибухів з викидом близько 26 млн Кі цезію-137 і 20 млн Кі стронцію-90. У колишньому СРСР функціонували ядерний полігон “Об’єкт-700” на Новій Землі і ракетодром “Плесецьк” в Архангельській обл. На Новій Землі було проведено 132 випробування ядерної зброї, в тім числі 87 вибухів в атмосфері і три у воді. В 1961—1990 рр. у Карському і Баренцовому морях було затоплено 11 тис. контейнерів з радіоактивними відходами (переважно ядерне паливо підводних човнів).

Яскравим ілюструванням серйозних порушень природного середовища під впливом воєнних дій є локальні військові конфлікти середини і кінця нашого століття. До них належать війна у В’єтнамі, воєнні дії в Афганістані, вторгнення Іраку в Кувейт, війна в Руанді, воєнні дії НАТО в Югославії та низка інших “малих” воєн. Кожна з них принесла не тільки людські втрати, біль і страждання тисячам і тисячам родин, а й супроводжувалась глибоким руйнуванням біосферних структур.

Під час в’єтнамської війни США використали 55 000 т гербіцидів, розпиливши їх над 1,11 млн га лісів і посівів. Ця акція спричинила довготривале порушення здоров’я багатьох мільйонів місцевого населення.

Військове вторгнення Іраку в Кувейт у 1991 р. і наступні воєнні дії США у цьому регіоні, що носили “миротворчий” характер, були порівняно короткочасними. Однак їхні наслідки виявились тривалими

і багато в чому незворотними. У Кувейті відбулося масове виливання нафти, яка згодом зайнялася. Горіло 550 нафтових свердловин і за добу згорало близько 10 млн барелей нафти на загальній площі понад 1000 км². Всього за три місяці горіння нафти в атмосферу потрапило $3,5 \cdot 10^4$ т сажового аерозолі. Внаслідок цього у Кувейті 75 % площі пустелі вкрилося шаром попелу, що осів після згоряння нафти. Під час пожеж щодоби в атмосферу надходило 50 тис. т оксидів сірки, 3 тис. т оксидів азоту і 50 тис. т вуглекислого газу. Зниження прозорості атмосфери викликало у 1991 р. похолодання на 2,5—4 °С у великому регіоні південного заходу Азії.

За даними Ш. Дан'є і Д. Гофмана (1992), горіння нафти у Кувейті спричинило утворення таких стійких аерозольних шарів у верхніх шарах атмосфери, що їх у березні—червні 1991 р. було зареєстровано у штаті Вайомінг (США).

У Саудівській Аравії 560 км узбережжя було залито нафтою. На кожен 1 м² пляжу припадало 20 кг нафти. Тут само, на півночі країни під шаром нафти виявилось 90 % солончаків. Нафта поступово просочується в ґрунт, досягає водоносних горизонтів і псує воду в колодязях. Біля узбережжя Кувейту в Перську затоку Ірак навмисно скинув 1,7 млн т нафти, щоб перешкодити висаджуванню американського десанту. Із пошкодженого нафтового терміналу Мійїа Аль-Ахмаді витекло 1,5 млн т нафти. Розливання нафти по акваторії не лише призвело до масової загибелі багатьох видів рослин і тварин; у мілководній Ормузькій протоці нафта досягла донних відкладів і ще довго чинитиме негативний вплив на всі форми океанічного життя.

Війна у Перській затоці довела, що сучасні локальні військові конфлікти мають глобальні наслідки для природного середовища.

Найбільшу потенційну небезпеку для людства і природного середовища становить ядерна зброя. На небезпечність її розробляння і використання вперше у 1908 р. звернув увагу англійський учений Ф. Содді. Ідею заборони ядерної зброї підтримували В. І. Вернадський, Н. Бор, П. Кюрі, Ф. Жоліо-Кюрі та багато інших великих учених і громадських діячів. Однак гонка ядерних озброєнь йшла найвищим темпом. Нині ядерну зброю мають або матимуть найближчим часом 30 держав світу.

Великих збитків завдали численні випробування ядерної зброї. За 40-річний період випробувань у повітря планети було викинуто близько 12,5 т радіоактивних речовин. Число проведених випробувань величезне (табл. 3.2). За приблизно 45-річний період їх проведено 1799. В окремі роки ядерні вибухи гриміли на планеті кожні три дні.

Застосування ядерних озброєнь у воєнних цілях означатиме глобальну катастрофу. Ядерна зброя — це засіб самогубства людства і руйнування біосфери планети. Як писав акад. Н. Н. Мойсєєв (1986),

Таблиця 3.2. Число випробувань ядерної зброї в середині ХХ ст.

Рік	Країна					
	США	СРСР	Англія	Франція	Китай	Всього
1945	3	—	—	—	—	3
1946	2	—	—	—	—	2
1947	—	—	—	—	—	—
1948	3	—	—	—	—	3
1949	—	1	—	—	—	1
1950	—	—	—	—	—	—
1951	16	2	—	—	—	18
1952	10	—	1	—	—	11
1953	11	4	2	—	—	17
1954	6	7	—	—	—	13
1955	18	5	—	—	—	23
1956	18	9	6	—	—	33
1957	32	15	7	—	—	54
1958	77	29	5	—	—	111
1959	—	—	—	—	—	—
1960	—	—	—	3	—	3
1961	10	50	—	2	—	62
1962	96	44	2	1	—	143
1963	44	—	—	3	—	47
1964	38	6	1	3	1	49
1965	36	9	1	4	1	51
1966	43	15	—	7	3	68
1967	34	17	—	3	2	56
1968	45	13	—	5	1	64
1969	38	16	—	—	2	56
1970	35	17	—	8	1	61
1971	17	19	—	6	1	43
1972	18	22	—	3	2	45
1973	16	14	—	5	1	36
1974	14	18	1	8	1	42
1975	20	15	—	2	1	38
1976	18	17	1	4	4	44
1977	19	18	—	6	1	44
1978	17	27	2	8	3	57
1979	15	29	1	9	1	55
1980	14	21	3	13	1	52
1981	16	22	1	12	—	51
1982	18	31	1	6	1	57
1983	17	27	1	9	2	56
1984	17	29	2	8	2	58
1985	17	9	1	8	—	35
1986	14	—	1	8	—	23
1987	14	23	1	8	1	47
1988	14	17	—	8	1	40
1989	11	7	1	8	—	27
Всього	921	624	42	178	34	1799

ядерна війна — це зовсім і не війна, а самознищення. Болісне і страшне.

Уже нині заводи, що виробляють ядерну зброю, дуже сильно забруднюють навколишнє середовище. Міністерство енергетики США офіційно визнало, що лише один завод, який виробляє ядерну зброю,

у м. Хенворді спричинив радіаційне забруднення прилеглих територій всього лише в 14 разів менше, ніж аварія на Чорнобильській АЕС.

На випадок термоядерної війни з вибухом 100—150 мегатонн ядерного матеріалу під керівництвом акад. Н. Н. Мойсєєва у 1983—1984 рр. була розроблена математична модель “Гея”, на основі якої було доведено, що ядерні вибухи спричинять утворення такої кількості пилу і диму, що сонячне світло не досягатиме поверхні планети. На 1,5—2 місяці встановиться “ядерна ніч”, яка згодом перейде в “ядерну зиму”. В цей час температура знизиться на 15—20 °С, а в північних широтах — на 40—50 °С порівняно з пересічною. Дуже низькі мінусові температури на континентах при збереженні температури Світового океану викличуть шторми й урагани. Вже на початку “ядерної зими” загине весь урожай сільськогосподарських культур, будуть знищені тропічні ліси, розпочнеться масова загибель людей від голоду (Ю. М. Свирежев, 1993).

За оцінкою експертів ООН у разі розв’язання ядерної війни загине понад 4 млрд чоловік, у тім числі 3 млрд чоловік від хвороб, спричинених опроміненням. “Ядерна зима”, що настане, додатково забере ще не менш ніж 3 млрд людських життів. Виділення оксидів азоту, яке супроводжуватиме вибухи атомних бомб, майже повністю зруйнує озоновий екран планети, що призведе до сильного опромінення живих організмів короткохвильовою радіацією. Природно, що ядерна війна завдасть непоправних збитків рослинному і тваринному світу земної кулі. І якщо навіть біосфера збережеться, то це вже буде якісно інша біосфера, можливість існування людини в природному середовищі якої сумнівна.

Наявність на планеті великого числа АЕС робить самогубною навіть війну, в якій не застосовуватиметься ядерна зброя.

Г. Іваницький (1987) після Чорнобильської трагедії писав, що Чорнобиль вніс абсолютну ясність у питання про ядерну війну: жодна держава, чи буда вона нападаючою стороною, чи жертвою агресії, чи нейтральною, не переживе масованого ядерного удару, нанесеного в будь-якій точці земної кулі.

Не менш небезпечна хімічна і бактеріологічна зброя. Вона вироблялась і нагромаджувалась майже впродовж усього ХХ ст. США лише в 1986 р. загальмували її виробництво, а в 1987 р. знову відновили. До 1990 р. тільки у США було вісім великих сховищ хімічної зброї, де містилось 40 тис. т нервово-паралітичного, гірчичного і бінарного газів у 500 тис. контейнерів. Сила впливу цієї зброї велетенська. Одного грама ботулотоксину достатньо для смертельного ураження восьми мільйонів чоловік. Окремі віруси і бактерії (чуми, сибірської виразки) ще небезпечніші.

Сучасні війни внаслідок величезної потужності сучасних видів

Таблиця 3.3. Дія сучасної зброї масового ураження

Показник	Термоядерна бомба, 29 Мт	Хімічна зброя, 20 кг	Бактеріологічна зброя, 20 кг
Площа ураження, км ²	До 250	250	1000
Смертність, %	98	30	До 75
Наслідки	Радіоактивні опади на площі до 2500 км ²	Немає	Епідемії

озброєнь справедливо оцінюють як одну з форм екологічного тероризму, несумісного з поняттям людської цивілізованості (табл. 3.3). Будь-яка війна неодмінно призводить до вилучення з господарського використання земельних угідь на тривалий час. Відбувається пряме знищення природних структур, а у функціонування екосистеми вносяться невиправні спотворення. Війни спричиняють відвернення великої кількості природних і людських ресурсів на військову промисловість і власне воєнні дії. Крім невиправданих людських жертв, які неминучі за будь-якого військового конфлікту, після війни на багато років залишаються бомби, що не вибухнули, контейнери з пестицидами тощо, які створюють загрозу життю і здоров'ю мирного населення.

Все більш небезпечним стає прагнення деяких розвинених країн світу використати у воєнних цілях космічний простір. Це не лише підвищує загрозу виникнення війни й означає новий виток гонки озброєнь, а й веде до забруднення поверхні планети. Під час старту ракети типу "Сатурн-5" в атмосферу потрапляє 6—9 т відпрацьованого палива. На старті одна ракета типу "Спейс Шатл" викидає 180 т хлору і пари соляної кислоти, що еквівалентно знищенню 10 млн т озону в озоновому екрані планети.

Деякі країни світу розробляють суто екологічні способи воєнних дій (В. В. Довгуша, М. Н. Тихонов, 1994). Вони особливо небезпечні тим, що впливають на природне середовище величезних територій і уражують не тільки і не стільки військові об'єкти, скільки цивільне населення (табл. 3.4).

Через Організацію Об'єднаних Націй неодноразово вносились пропозиції, спрямовані якщо не на повне усунення воєн як явища, то принаймні на можливе зменшення їхніх негативних екологічних наслідків (А. Уестинг, 1989). Ці пропозиції полягають у такому:

- 1) заборона використання природного середовища як екологічної зброї;
- 2) заборона виробництва і використання типів озброєнь, що руйнують природне середовище, — насамперед хімічної і ядерної зброї;
- 3) неприпустимість застосування засобів навмисного руйнування природного середовища, наприклад гербіцидів для знищення лісової рослинності, що мало місце у війні США проти Північного В'єтнаму;

Таблиця 3.4. Основні види екологічної зброї

Вид дії	Наслідки
Штучний туман	Порушення видимості
Штучні хмари	Утруднення польотів літаків
Градоутворення	Пошкодження ліній електропередач і деяких споруд
Штучні опади	Утруднення пересування техніки і людей, розмивання шляхів, розливання річок
Зміни клімату у великих регіонах	Знищення екосистем і неможливість ведення сільського господарства
Штучні урагани	Руйнування будівель і споруд, людські жертви
Електромагнітне випромінювання	Людські жертви, загибель тварин
Знищення озонового шару	Завдавання збитків екосистемам і живим організмам на великих територіях
Руйнування дамб і зрошувальних систем	Затоплення території
Штучні повені	Затоплення території, збитки сільському господарству
Штучні землетруси	Руйнування будівель і споруд, загибель людей
Розтоплення вічної мерзлоти	Осідання ґрунту, руйнування будівель і споруд
Знищення рослинності	Порушення сільськогосподарського виробництва, загибель рослин і тварин

4) неприпустимість навмисного військового впливу на об'єкти, руйнування яких може спричинити деградацію природного середовища; насамперед це атомні електростанції і хімічні заводи;

5) заборона на розміщення військових об'єктів і військові дії на території всіх природних національних парків, заповідників і заказників;

6) проведення військових навчань і розміщення військових підрозділів у мирний час так, щоб це не завдавало шкоди природному середовищу;

7) повна заборона використання ближнього і дальнього Космосу у військових цілях.

На жаль, єдиної концепції, ухвалені всією світовою спільнотою щодо взаємовідносин збройних сил з природним середовищем, поки що немає.

Забруднення природного середовища відходами промислового і сільськогосподарського виробництва. У ХХ ст. широких масштабів набуло забруднення природного середовища відходами виробництва. Основними елементами тиску цивілізації на природне середовище насамперед є високовідходні і високовитратні технології, які застосовують у промисловості і сільському господарстві, автомобільний транспорт, урбанізація. Певну роль відіграють і засоби масової інформації, які орієнтують широкі верстви населення всіх країн на культ речей. Реклама різного роду товарів і послуг посилює потенційно владне людині бажання до придбання. Західна цивілізація, безумовно, зробила найбільший внесок у формування ейфорії споживацтва.

У зв'язку з демографічним вибухом й урбанізацією в ХХ ст. різко зросла кількість побутових відходів. Лише різного роду тара, яку викидає споживач товару, створює чимале навантаження на природне середовище (табл. 3.5).

Таблиця 3.5. Рівень забруднення природного середовища пакувальними матеріалами (за Н. Alter, 1989)

Вид тари	Рівень забруднення			
	Промисловими твердими відходами, м ³	Побутовими твердими відходами, м ³	Продуктами забруднення повітря, кг	Продуктами забруднення води, кг
Скляна пляшка				
одноразового використання	0,250	0,307	313	6,76
багаторазового використання	0,067	0,089	11,3	4,17
Пластмасова пляшка	0,054	0,202	28,9	8,24
Бляшана банка	0,808	0,026	17,5	2,17
Алюмінієва банка	0,270	0,020	38,7	7,08

У колишньому СРСР співвідношення різних видів відходів становило, %: папір і картон — 64, скло — 13, полімерні матеріали — 9, деревина — 7. Загальна кількість побутових відходів залежить від чисельності населення в державі і стилю життя. Особливо багато побутових відходів у розвинених країнах (табл. 3.6).

Виробнича сфера України щорічно залучає до використання понад 1,5 млрд т природних речовин, з яких понад 1 млрд т надходить у відходи. Багато промислових підприємств України недостатньо очищають відходи від токсичних речовин. Це приз-

Таблиця 3.6. Пересічна річна кількість побутових відходів у різних країнах світу

Країна	Кількість відходів загальна, млн т/рік	Кількість відходів на одну людину, т/рік
США	2000,0	0,87
Австралія	10,0	0,68
Канада	12,6	0,53
Франція	15,5	0,29
Японія	40,3	0,29
Велика Британія	15,8	0,28
Італія	14,0	0,25

водить до того, що в навколишнє середовище потрапляють неприпустимо високі кількості забруднювальних і навіть отруйних речовин.

Техногенний тип розвитку цивілізації в умовах швидкого росту чисельності населення потребує залучення у виробничі процеси все більшої і більшої кількості природних ресурсів. Так, лише з 1958 по 1986 р. у світі було спожито 117 млрд т викопного палива, що є невідновлюваним ресурсом. Для видобування викопного палива і руд здійснюються великомасштабні втручання в геосферу планети. В одному лише колишньому СРСР щорічно видобували понад 1 млрд т гірських порід, корисна частина яких становила менше 20 %. Ці самі процеси відбуваються і в інших країнах світу. Внаслідок цього порушується геологічна структура масивів гірських порід, виникають кар'єрно-відвальні комплекси, хвосто- і шламосховища, рови. Змінюється ландшафт великих територій.

Сучасне суспільство щодоби споживає 1 ГДж енергії. У розвинених країнах на одну людину припадає 10—20 кВт енергії на добу. Енергетична криза стала природним розвитком енергомістких виробництв.

У світі зареєстровано понад 9 млн видів хімічних речовин, які добувають штучно. До 300 тис. з них надходить у продаж. Великі масштаби має штучний синтез органічних речовин: у 1950 р. світова промисловість виробляла їх 7 млн т, а в 1985 р. — уже 250 млн т. Асортимент штучних органічних речовин перевищує 2 млн найменувань. У продаж їх надходить близько 1 тис. найменувань. Багато з них токсичні для живих організмів, але гранично допустимі концентрації (ГДК) розроблено лише для 4,5 тис. їх видів. ГДК на речовини, токсичні для рослин і тварин, не розробляються взагалі. Для більшості забруднювальних речовин відсутні методи реєстрування їхньої наявності у природному середовищі.

Широкомасштабне споживання ресурсів і матеріалів призводить до зростання кількості відходів. Пересічно промисловість із спожитих ресурсів лише 1—1,5 % включає у кінцевий корисний продукт. Реш-

та — це відходи, що забруднюють природне середовище. Загальний їх щорічний обсяг у світі оцінюється в 600 млн т. Високовідходними є і сільське господарство, і промисловість.

Споживацька концепція в суспільстві призвела до того, що відходи і побічні продукти, незалежно від їхньої шкідливості, просто викидаються в навколишнє середовище. Лише з другої половини ХХ ст. почали застосовувати різні способи для зв'язування і знешкоджування промислових, сільськогосподарських і побутових відходів. Однак далеко не всі сучасні промислові і сільськогосподарські технології передбачають знешкодження відходів, а якщо й передбачають, то найчастіше ефективність цього процесу низька.

За пропозицією Р. Парсона, усі побічні речовини, які надходять у навколишнє природне середовище внаслідок людської діяльності, називають **антропогенними забрудниками**, а речовини, що потрапляють у це середовище внаслідок перебігу природних процесів, — **природними забрудниками**. Розрізняють три категорії антропогенних забрудників: газоподібні викиди, рідкі стічні види і тверді відходи. Однак поняття антропогенного забруднення зазвичай розглядають ширше. В нього включають усі види і форми порушення структури і функціонування природних об'єктів, що виникають під впливом діяльності людини.

У зв'язку з тим, що забрудники не лише завдають загальної шкоди природному середовищу, а й шкодять здоров'ю людини, для оцінювання рівня забруднення середовища використовують особливу величину — гранично допустиму концентрацію (ГДК). *ГДК — це максимальна концентрація в природному середовищі тієї чи іншої речовини, яку людина витримує без шкоди для власного здоров'я і здоров'я своїх нащадків.* Збитки від забруднювальних речовин зростають внаслідок дії ефекту синергізму, який полягає в тому, що збитки від комплексу забрудників перевищують просту суму ефектів від кожного з них зокрема. Шкода від однієї й тієї самої речовини в одній і тій самій концентрації може істотно змінюватись залежно від умов. Не однакова і сприйнятливість людини до шкідливих впливів у різному віці і за різного фізичного стану. Все це зумовлює необхідність окремого нормування забруднювальних речовин, яке поки що розроблене дуже мало.

Доповнює концепцію ГДК поняття про допустимі залишкові кількості шкідливих речовин (ДЗК). *ДЗК — це максимальна кількість речовини, яка, надходячи в організм упродовж всього життя, не викликає жодних порушень у здоров'ї дорослих і дітей* (В. А. Боков, А. В. Лушик, 1998).

Оцінюючи забруднення природного середовища шкідливими речовинами, не можна отримати правильну інформацію, якщо

розглядати тільки невеликі ділянки території. Чітке розуміння екологічної ситуації може дати лише аналіз повного ландшафтно-територіально-виробничого комплексу. Наприклад, не можна оцінити екологічний стан середовища в місті, якщо обмежитись тільки офіційною межею міста. На екологію міста істотно впливають передмістя, іноді віддалені, річки, що течуть по його території, переважаючі вітри тощо.

Антропогенне забруднення спричинило залучення в планетарні біогеохімічні цикли багатьох сторонніх для них речовин. Це в основному метали. В біогеохімічні цикли надходить, т/рік: заліза — $4 \cdot 10^9$, алюмінію — 10^8 , свинцю — $3 \cdot 10^5$, кадмію — $2 \cdot 10^3$. До них додаються різні органічні і неорганічні ксенобіотики.

Промислове і сільськогосподарське виробництва зумовили виникнення особливого типу міграції речовини на планеті — техногенного. **Техногенна міграція** полягає в переміщенні на великі відстані сировини, продуктів виробництва і відходів. Техногенна міграція призводить до особливо різких порушень біогеохімічного циклу вуглецю, оскільки в колообіг включаються великі його кількості, які раніше містилися в депо у вигляді вугілля, нафти і природного газу. Значною мірою порушуються також біогеохімічні цикли азоту (за рахунок щорічного його надлишку у біосфері близько 9 млн т) і фосфору (внаслідок підвищеного його стоку у водойми).

Відходи виробництв забруднюють три головних компоненти природного середовища — атмосферу, ґрунт і води планети. У ХХ ст. рівень забруднення цих компонентів різко підвищився.

Забруднення атмосфери. Атмосферне забруднення створюють тверді часточки (зола і пил) та різноманітні газоподібні речовини. В забруднення атмосфери найбільший внесок робить промисловість. Забруднення повітря метаном, аміаком і пилом створює сільськогосподарське виробництво. Загальні обсяги промислових викидів у повітряний простір колосальні. В колишньому СРСР щодоби в атмосферу надходило понад 100 млн т різних шкідливих речовин, що становило 350 кг на одного мешканця країни. Найнебезпечнішими забрудниками атмосфери є кислотоутворювальні оксиди — оксиди азоту, сірки, а також вуглекислий газ, чадний газ, аміак, фтор, хлор і промисловий пил. Їх надходження у повітря помітно змінило склад сучасної атмосфери порівняно з доіндустріальним періодом.

Сірчистий газ SO_2 утворюється як побічний продукт у процесі металургійного виробництва, під час спалювання кам'яного вугілля або нафти, які містять домішки сірки. У зв'язку з вичерпуванням природних запасів цих копалин у світі все частіше вдаються до освоєння покладів нафти і газу з високим вмістом сірки. Під час обробки сульфідних руд на 1 т руди викид сірчистого газу досягає 190 кг. Обсяг

Таблиця 3.7. Надходження в атмосферу оксидів сірки в деяких європейських країнах

Країна	Надходження оксидів сірки, тис. т/міс.
Німеччина	207,9
Польща	133,0
Франція	121,0
Італія	113,2
Велика Британія	84,7
Швеція	47,5
Австрія	34,1
Норвегія	25,5
Нідерланди	17,3
Швейцарія	14,1
Данія	10,9

викидів сірчистого газу в атмосферу залишається великим навіть у промислово розвинених країнах, де введено жорсткий державний контроль та економічні санкції на понад-нормативні викиди оксидів сірки (табл. 3.7). У країнах, що розвиваються, промислові підприємства устатковані обладнанням щодо уловлювання таких оксидів меншою мірою. Однак за рахунок транскордонного перенесення від забруднення атмосфери потерпають усі території. Таке перенесення, як уже зазначалося, сильно виражене й в Україні (табл. 3.8).

В утворенні оксидів азоту велику роль відіграють теплові електростанції. На їх частку припадає понад 50 % викидів цих оксидів. Викидають в атмосферу і метан. За даними Дж. Голдена (1992), за останні 100 років його кількість в атмосфері зросла у 100 разів.

Розміри викидів шкідливих речовин в атмосферу залежать як від ступеня розвитку промислового виробництва, так і від стану засобів поглинання відходів виробництв. Останній чинник часто виявляється не менш важливим, ніж перший. Так, в Україні в обстановці економічної кризи промислове виробництво значно скоротилось, але внаслідок невиконання планів щодо ремонту і реконструкції систем поглинання забруднення атмосферного повітря практично не зменшилось, а за оксидом сірки (IV) SO₂ навіть збільшилось (табл. 3.9).

Почала зростати кількість у повітрі тропосферного озону O₃. Його утворення пов'язане з роботою двигунів транспортних засобів, а також

Таблиця 3.8. Транскордонне перенесення атмосферних забрудників через західний кордон України в 1987—1990 рр.

Країна	Оксиди сірки, тис. т/рік		Оксиди азоту, тис. т/рік	
	В Україну	З України	В Україну	З України
Польща	216	12	49,9	2,6
Німеччина	124	2	46,2	0,4
Румунія	106	44	14,1	8,5
Чехія і Словаччина	92	4	21,5	1,1
Угорщина	53	4	7,6	0,9
Болгарія	25	8	2,3	2,0

Таблиця 3.9. Динаміка забруднення атмосферного повітря в м. Суми за останні п'ять років

Речовина ¹	1994 р.	1995 р.	1996 р.	1997 р.	1998 р.	Тенденція
Пил	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	– 0,08
Оксид сірки(IV)	0,013	0,014	0,016	0,019	0,025	+ 0,003
Сульфати	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	– 0,002
Оксид вуглецю (II)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0
Оксид азоту (IV)	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	+ 0,002
Оксид азоту (II)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,0
Фенол	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0
Аміак	0,04	0,04	0,01	0,01	0,01	– 0,009
Хром	0,060	0,050	0,015	0,100	0,019	– 0,003
Кадмій	0,007	0,002	0,001	0,004	0,001	– 0,001
Залізо	2,42	3,30	1,38	2,07	1,92	– 0,223
Манган	0,135	0,110	0,058	0,080	0,050	– 0,02
Мідь	0,32	0,66	0,57	0,15	0,02	– 0,111
Нікель	0,060	0,040	0,011	0,020	0,020	– 0,009
Свинець	0,13	0,05	0,04	0,06	0,04	– 0,017
Цинк	0,18	0,52	1,366	0,24	0,17	– 0,03
Бензапірен	4,90	1,90	3,12	3,10	2,06	– 0,45

¹ Концентрацію газоподібних речовин наведено в мг/дм³ повітря, концентрацію важких металів і бензапірену — в мкг/м³ повітря.

спалюванням нафтопродуктів і природного газу. На відміну від стратосферного озону, який формує озоновий екран планети, тропосферний озон відіграє негативну роль. Це сильний фотоокисник. Однак у Європі його концентрація в атмосфері щорічно зростає на 1 %. Максимальну кількість озону фіксують у денні години. Вже за концентрації 360—400 мкг/м³ тропосферний озон сильно подразнює слизові оболонки, а на території, наприклад, Німеччини в останні роки реєструвалися його концентрації 600 мкг/м³ і більше.

Загалом же за рахунок промислових і сільськогосподарських викидів газовий склад атмосфери наприкінці ХХ ст. почав якісно змінюватись. У ній все в більшій кількості почали нагромаджуватись небажані речовини. Під загрозою виявився кисень атмосфери— його кількість зменшується. За підрахунками В. І. Вульфсона (1969), до 2000 р. лише на спалювання палива витратиться 57 млрд т кисню, що становить 13 % його об'єму, продукovanого зеленими рослинами.

Зміна хімічного складу повітря несприятливо впливає на багато біосферних процесів. Забруднення повітря токсичними хімічними речовинами навіть за малої їх концентрації призводить до зниження неспецифічної стійкості організму і спричинює розвиток багатьох

захворювань людини, несприятливо позначається на стані тварин і рослин.

Забруднення ґрунтів. Для другої половини ХХ ст. внаслідок забруднення стала характерною масова деградація ґрунтів, що супроводжується втратою їхньої основної властивості — родючості. Чинників деградації ґрунтів дуже багато. Головними з них є такі:

- а) неправильне землекористування, що призводить до втрати родючого шару ґрунту і самої ріллі внаслідок ерозії;
- б) знищення екосистем, у межах яких формувався тип ґрунту;
- в) забруднення ґрунтів промисловими, сільськогосподарськими і побутовими відходами;
- г) зміна кліматичних чинників, насамперед гідрологічних умов.

Залежно від регіону та умов господарювання на перший план у деградації ґрунтового покриву може висуватися будь-який із цих чинників. Аварії на АЕС і випробування ядерної зброї супроводжуються забрудненням ґрунту радіонуклідами. Видобування, переробка і використання нафтопродуктів призводить до забруднення ґрунту залишковими кількостями сирої нафти, бензинів, мастильних матеріалів.

Для ґрунтів небезпечне нагромадження в них металів. За походженням важкі метали в ґрунті поділяються на три групи: а) *літогенні*, що входять до складу гірських порід; б) *педогенні*, пов'язані з ґрунтом; в) *антропогенні*, що потраплять у ґрунт внаслідок діяльності людини. Найнебезпечнішими є антропогенні важкі метали.

Найтоксичніші для ґрунтів (І клас небезпеки) свинець, ртуть, уран, торій, кадмій, телур, берилій, хром, нікель і кобальт. Токсичні також германій, олово, вольфрам, молібден, літій, вісмут, марганець, мідь, арсен, селен, алюміній. Більшість із цих речовин концентрується в ланцюгах живлення. Хоча самі по собі важкі метали не завжди є ксенобіотиками, у підвищених концентраціях вони завдають біологічної шкоди всім живим організмам. Наприклад, за концентрації алюмінію, основним джерелом якого є посуд, чай і аспірин, понад 10 мкг/л розвивається хвороба Альцгеймера. Чотиривалентний хром, який утворюється як відхід гальванічних виробництв, дуже шкідливий для пирок і легенів. Кадмій ушкоджує печінку і нервову систему, призводить до розвитку гіпертонії, а в підвищеній концентрації має канцерогенну дію.

Антропогенна трансформація ґрунтів стала настільки поширеною, що Л. В. Єстеревська (1989) вважала за доцільне виділити особливу категорію ґрунтів — *техноземи*.

Значною мірою забруднюють ґрунти пестициди і залишкові кількості мінеральних добрив. Хімізація сільського господарства настільки велика, а застосовувані хімічні речовини настільки небез-

печні для людства, що окремі фахівці вбачають у процесах хімізації загрозу для існування життя на Землі (А. Н. Тюрюканов та ін., 1993). Так, Молдова з 60-х років різко вирвалася уперед у застосуванні хімічних добрив у сільському господарстві, наслідком чого стало збільшення у 1,5—1,7 раза смертності сільського населення (N. Ororol at al., 1995).

За останнє десятиліття серед різних видів хімічних забруднень на перший план висунулось надходження в навколишнє середовище діоксинів. Під назвою “діоксин” об’єднано понад 15 поліхлорпохідних дибензодіоксину і фуранів, які утворюються під час вибілювання целюлози та спалювання побутових відходів і відрізняються високою токсичністю. Він надходить у природне середовище внаслідок діяльності хімічних і нафтохімічних підприємств, виділяється під час роботи автотранспорту, спалювання відходів на звалищах. Внаслідок спалювання 1 т твердих побутових відходів виділяється 40 мкг діоксину. Діоксин отруйний для всіх аеробних організмів. Він дуже важко розкладається в природних умовах. Період його піврозпаду у природному середовищі перевищує 10 років. Перенесення діоксину по ланцюгу живлення призводить до того, що він концентрується в організмі людини і ссавців, що найбільш небезпечно. Діоксин входив до складу так званого “оранжевого агента”, який США використовували як дефоліант у період війни у В’єтнамі. Внаслідок цього у ветеранів згаданої війни досі ще реєструється підвищена частота ракових захворювань, народжуються діти із вродженими каліцтвами.

Розвиток промисловості призвів до того, що діоксин — найсильніший суперекотоксикант — став всюдисущим. Діоксином заражені ґрунти і ґрунтові води. Допустима доза діоксину зазвичай приймається 10 пг/кг маси тіла. Фактично кожен мешканець Німеччини отримує за добу 79, Японії — 63, США — 119, Росії — 260 пг цього токсиканта (В. Н. Майстренко, 1997). Тому не дивні масові порушення імунної системи у людей.

У сільськогосподарських районах багато ґрунтів втрачається внаслідок активних ерозійних процесів. Знаменитий Канадський зерновий пояс нині втратив 50 % органіки, яка раніше містилася в його ґрунтах. У Великій Британії пересічні втрати ґрунту від ерозії оцінюють від 2,2 до 12,2 т/га за рік. У деяких районах деградація ґрунтів пов’язана з неправильно проведеною меліорацією: ґрунт або висушується (під час осушення боліт), або перезволожується (в районах дії зрошувальних систем). Нерідко зрошування призводить до вторинного засолення ґрунту.

За всю історію землеробства людина вивела з ладу 1,4 млрд га орних земель (В. Лисиця, 1990). Процеси деградації ґрунтів змусили

США прийняти в 1985 р. спеціальний закон про виведення на 10 років у резерв 12 млн га орних земель (К. Cook, 1989).

Природним ґрунтам властива здатність до самоочищення, за якого відбувається природне руйнування у ґрунті забруднювальних речовин під впливом фізичних, хімічних і біологічних процесів. Деградовані ґрунти цю властивість втрачають. Так, у незабруднених природних ґрунтах збудники дизентерії, тифу та інших хвороб гинуть за кілька діб, а в деградованих зберігають життєздатність упродовж декількох місяців і навіть років.

Все серйознішою проблемою стає засмічування ґрунтів побутовими відходами. Ростуть площі звалищ. Різко посилює такий тип забруднення природного середовища тенденція до переходу на упаковки одноразового використання, що відповідає принципу “випив — викинув”. Одноразова упаковка дає значні переваги великим виробникам товарів, підвищуючи їхню конкурентоспроможність, але вона вимагає в 6—9 разів більше енергії на виробництво пакувального матеріалу і на 20—25 % збільшує обсяг побутових відходів порівняно з пляшками і склянками багаторазового використання.

Матеріали обстеження ґрунтів України показують, що їх забруднення небезпечно зростає. Так, В. В. Гриневич та ін. (1989) під час вивчення стану ґрунтів Київської області встановили, що 43 % зразків мали вміст азоту понад ГДК. Концентрація нітратів у воді багатьох колодязів досягала 265—273 мг/л (за норми не більше 50 мг/л). Простежується техногенне забруднення сільськогосподарських угідь викидами промислових підприємств. Воно особливо велике в Донецькій, Луганській, Харківській областях. Загалом в Україні відбувається процес безперервного погіршення якості ґрунтів і зниження їхньої родючості (Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні, 1992).

Стан “здоров’я” ґрунтів нині контролюється погано. Серед величезної кількості ксенобіотиків, що потрапляють у ґрунт, реєструється лише декілька десятків. Продукти їхнього перетворення, часто більш токсичні, ніж сама вихідна речовина, взагалі ніяк не враховуються.

Темпи втрати ґрунтової родючості і самого ґрунту стали такими високими, що Г. В. Добровольський, Л. О. Карпачевський та ін. відомі ґрунтознавці порушили питання про підготовку “Червоної книги ґрунтів”, у яку потрібно внести типи ґрунтів, яким загрожує повне знищення. Червона книга ґрунтів може стати основою для ведення моніторингу за станом ґрунтів і для збереження еталонів природних типів ґрунту.

Забруднення водойм. Забруднення акваторії Світового океану і континентальних водойм здійснюється через три основні джерела:

а) стічні води промисловості;
б) стічні води сільськогосподарських підприємств; в) стічні води населених пунктів.

Розрізняють *первинне* і *вторинне* забруднення водойм. Первинне забруднення пов'язане з надходженням в акваторії відходів господарської діяльності людини. Вторинним називають забруднення, що розвивається внаслідок біохімічних порушень у життєдіяльності живих організмів морів і прісних водойм, які призводять до втрати природних зв'язків між організмами з різним типом живлення.

Найнебезпечніше хімічне забруднення водойм різного роду токсичними речовинами. Воно настільки велике, що водойми все більшою мірою перетворюються на "стічну канаву цивілізації". Хімічні забрудники, концентруючись у ланцюгах живлення, не лише безпосередньо нищать живі організми, вони також надзвичайно несприятливі посередньо: вода втрачає прозорість, у ній зменшується вміст кисню.

Загальний об'єм стічних вод, з яких 95 % не очищені або очищені недостатньо, у світі становить 1870 км³/рік. У Північній Америці він дорівнює 440 км³/рік, у Європі загалом — 308, в Китаї — 36,8 км³/рік. У 1988 р. в колишньому СРСР скидання стічних вод, забруднених понад норму, становило 20,5 км³, а скидання взагалі не очищених стічних вод — ще 8,1 км³.

Максимальну забрудненість мають узбережні ділянки водойм до глибини 100 м. Особливо небезпечне забруднення внутрішніх морів. В Азовське і Чорне моря зі стічними водами надходять величезні кількості хлору, натрію, калію та інших речовин (табл. 3.10). З полів змиваються залишкові кількості пестицидів. Підраховано (В. І. Моцаренко, Н. І. Хумарова, 1990), що в Каркінітській затоці Чорного моря (Україна) втрата рибних ресурсів, пов'язана із забрудненням води, в десятки разів перевищила економічний ефект від зрошення і застосування хімічних засобів захисту рослин.

Багато забрудників утримується у воді дуже довго, ще довше вони циркулюють по ланцюгах живлення. Відомо, що виробництво і використання ДДТ припинено близько 25 років тому, але його продовжують знаходити у Світовому океані до глибини 2500 м включно. По ланцюгах живлення водяних організмів циркулюють найрізноманітніші токсичні речовини. За підрахунками С. Драй-Жильмо (1991), пестициди, що потрапили в океани з кон-

Таблиця 3.10. Надходження забруднювальних речовин в Азовське море

Забруднювальна речовина	Пересічна кількість, т/рік
Нафтопродукти	5,7
Детергенти	4,5
Сульфати	1416
Хлориди	2319

тиценталями стічними водами, отруюють живі організми за рахунок ефекту їхнього концентрування в ланцюгах живлення. Якщо прийняти вміст пестицидів у морській воді за одиницю на кілограм, то в планктоні вміст пестицидів становитиме 70 одиниць на кілограм, у тканинах риб — 25 000, а в тканинах і жирі дельфінів і хижих морських риб — 800 000 одиниць на кілограм.

Негативний вплив чинять також і біологічно корисні речовини, якщо їхній вміст у воді перевищує певний рівень. Зокрема, зростання концентрації біогенних елементів (особливо фосфору у концентрації понад 0,07 мг/л) у водоймах призводить до евтрифікування — посиленого розвитку рослинності водойм (“цвітіння води”) без спряженого росту чисельності гетеротрофів. У силу дефіциту кисню *евтрифікування* завершується гнильними процесами і втратою чистоти води. Головною причиною “цвітіння води” є посилене стікання у водойми залишкових кількостей азотних і фосфорних добрив, а також залишкових кількостей побутових мийних засобів (детергентів), які містять фосфор.

Евтрифікування озер прискорює їхнє перетворення на болота. Цей процес поширений в усьому світі. Так, озеро Вікторія в Африці, яке за розміром посідає друге місце в світі і на берегах якого живе близько 8 млн мешканців, евтрифіковане настільки сильно, що почало заростати водоростями і втрачати свої початкові якості. В аналогічну ситуацію потрапило озеро Ері у Північній Америці. Воно стало практично безживним. Евтрифікування озер завдає великих соціально-економічних збитків.

Серйозною небезпекою для водойм усіх видів є постійно зростаюче забруднення поверхнево-активними речовинами (ПАР), які використовують як мийні засоби. Їх світове виробництво досягнуло $2,8 \cdot 10^6$ т. За хімічним складом ПАР поділяють на три види: катіонні, аніонні і такі, що не містять іонів. Найпоширенішими є аніонні мийні засоби. Вони утворюють плівки на поверхні води, стійкі проти біоруйнування. Вода, забруднена ПАР, пригнічує всі живі організми.

Великою проблемою, що призводить до спалахів епідемічних захворювань, стало забруднення водойм хвороботворними мікроорганізмами. За даними ВООЗ, у світі щорічно вмирає понад 6 млн дітей внаслідок забруднення питної води. В. І. Бондаренко і В. І. Задорожна (1991) упродовж останніх 25 років проводили облік забруднення води у водоймах України ентеровірусами. Виявилось, що стічні води м. Києва після очищення в 13—23 % випадків все-таки містили ентеровіруси. У водопровідній воді їх виявляли в 16,9 % випадків, у річковій воді в межах великих міст України — в 22,8 % випадків і навіть хлорована вода закритих дитячих басейнів у 8,9 % випадків містила ентеровіруси. Їх було виявлено в 8,1 % випадків

на поверхні плодів і овочів, що надходять у продаж. Нерідко у питній воді виявляють кишкову паличку, багато штамів якої стійкі проти антибіотиків і є причиною літніх спалахів кишкових інфекцій. Це свідчить про низьку якість очищення питної води, неефективне хлорування і всезростаюче забруднення природних водойм.

Особливим видом забруднення акваторій є їх *засмічення* твердими відходами, які зазвичай називають “уламками”. Це різні предмети (або їхні рештки) із пластмас, скла, картону, дерева та інших матеріалів. Особливо небезпечні пластмасові уламки, оскільки вони не розкладаються дуже тривалий час. Масштаби засмічення Світового океану зростають катастрофічними темпами. Так, за даними Ц. Бауера і С. Індицелло (1990), у 1975 р. тільки з риболовецьких суден у море було скинуто 340 тис. т пластмасових відходів.

Засмічення завдає великої шкоди водній флорі і фауні. Багато плаваючого сміття врешті-решт потрапляє на береги і пляжі. П. Шевальє і Д. Джонсон, провівши обстеження 20 пляжів на Атлантичному узбережжі США, встановили, що на кожні 10 м² пляжу припадає від 0,5 до 1,5 кг уламків пластмаси.

Забруднюється Світовий океан внаслідок розливання нафти під час аварій танкерів і стікання нафти з узбережних територій у воду. В останні роки у Світовий океан щорічно скидається від 2,4 до 6 млн т сирої нафти. Деякі спостерігачі вважають, що до 2000 р. ця цифра зросте до 10 млн т нафти на рік. Близько 36 % цієї кількості дають берегові стічні води нафтовидобувних і нафтопереробних підприємств, 33 % — стічні води з морських нафтових свердловин і промивання танкерів і 5 % — аварії танкерів. Сильно забруднює Світовий океан видобуток нафти на шельфі, який нині проводять 100 держав приблизно у 700 точках.

За останні десятиріччя зареєстровано декілька великих аварій танкерів, які призвели до локальних екологічних катастроф. Так, 19 грудня 1989 р. танкер “Харк-5” (Ірак) отримав пробоїну біля Канарських островів. На узбережжя Марокко вилилось 70 т нафти з утворенням нафтової плями діаметром 250 км. Для знешкодження цієї нафти довелося використати 500 т диспергентів, однак збитки, заподіяні морській флорі і фауні, були величезними, дуже постраждали краби, сардини. Не менш небезпечним було виливання нафти у 1967 р., коли біля о. Сіллі сів на мілину танкер “Торрі Каньйон”, а в 1978 р. — танкер “Амохо Кадіс”. Останній скинув у воду біля узбережжя Бретані 223 тис. т нафти і 4 тис. т соляру. У 1989 р. аргентинський військовий корабель “Байя Парансо”, що сів на мілину в районі Антарктиди, викинув велику кількість дизельного пального. Танкер “Ексон Валдиз”, що сів на мілину у 1989 р. біля берегів Аляски, скинув 41 тис. м³ сирої нафти, внаслідок розливання якої загинуло не

менш ніж 300 тис. особин птахів і декілька тисяч морських ссавців, а для уловлювання нафти довелося перемістити 60 тис. м³ ґрунту, для чого була потрібна праця 11 тис. робітників і витрачено 2 млрд доларів. У 1993 р. біля Шотландських островів зазнав аварії американський танкер — нафтова пляма мала діаметр 4—5 морських миль.

Усього, за даними Реєстру Ллойда, за період 1973—1990 р. аварій зазнали 583 танкери і під час кожної з них у воду скидалась та чи інша кількість нафти. Нині в Індійському океані реєструється концентрація нафти 300 мл/л, а це дуже високий показник. “Шоколадні” припливи стали звичайним явищем на багатьох морських пляжах. Згідно з даними супутникового фотографування, нафтовою плівкою вже вкрито 10—15 % поверхні океанів і морів.

Світове виробництво пестицидів становить 200 тис. т на рік і, в зв'язку з високою стійкістю цих речовин, немало залишкових кількостей пестицидів зноситься з полів у континентальні води, звідки вони врешті-решт потрапляють у моря й океани. Для України особливо важливий стан Чорного та Азовського морів, які є практично повністю закритими водоймами і тому особливо чутливі до забруднення. В ці моря у великих кількостях надходять побутові і промислові стічні води, багато нафтопродуктів, залишкових кількостей добрив і пестицидів.

Азовське море — найбільш мілководне і рибне у світі. З кожного гектара цього моря можна зібрати рибної продукції в 25 разів більше, ніж у Чорному морі. Однак і в Азовське море щорічно скидають 1,1 млрд м³ неочищених стічних вод. У 1990 р. у Чорне море було скинуто 5 млрд м³ стічних вод. Скидання на узбережжя дренажних вод із поливних площ Південно-Українського каналу в районі Скадовська спричинило замулювання пляжів. За останні десятиліття надходження в Чорне море з території України, Російської Федерації, Грузії, Туреччини солей важких металів, пестицидів, залишкових кількостей добрив, мийних засобів настільки великі, що чітко реєструється збіднення іхтіофауни, зменшення уловів, а виловлена риба все частіше стає непридатною для споживання.

За даними В. Н. Білокінь і Е. П. Нахшіної (1993), у багатьох водосховищах Дніпра донні відклади містять значні кількості важких металів. Річка Дністер і її притоки протікають у районах інтенсивного сільськогосподарського використання. В них надходить настільки значна кількість залишкових добрив і пестицидів, що самоочищення сильно порушується, а природні трофічні ланцюги розбалансовуються. Дністер виявився найбруднішою річкою України. Лише з 1991—1992 рр., коли було вдосконалено систему пропускання води в системі Дніпровського водосховища, стан цієї річки почав поліпшуватись.

Особливістю Чорного моря є наявність глибоководної сірководневої зони, в якій можливе життя тільки анаеробних організмів.

За останні роки виникла загроза “сірководневого вибуху” — підіймання рівня сірководню аж до його виходу на поверхню. Вже нині верхня межа сірководневої зони в центрі моря піднялася до позначки 100 м, а біля берегів — 300 м. Цей процес пов’язаний із скиданням у прибережні води великої кількості неокислених побутових відходів і нафти.

Загалом забруднення водойм усіх типів стало таким сильним, що в багатьох із них можливості самоочищення виявились вичерпаними, розпочався процес незворотної деградації. 1998 р. ООН оголосила Роком Океанів. Конвенцій про захист океанів, морів і прісних водойм прийнято багато, але ефективність їх поки що мала. Хоча загалом Світовий океан ще екологічно здоровий, цього не можна сказати про внутрішні моря й узбережні зони. Забруднення прісних водойм ще небезпечніше: на Землі їх менше 2 % загального запасу води, а без води льодовиків — лише 0,3 %. Вода планети перебуває в небезпеці. Потрібні найрадикальніші заходи щодо охорони вод. Головний із них — це припинення скидання в річки, озера і моря стічних вод будь-якого виду. Варто пам’ятати, що Світовий океан — важлива житниця людства. Вона дає нині 15 % споживаного білка.

Туризм і рекреація. До числа помітних чинників деградації природного середовища належить також туризм, який дехто схильний розглядати як форму “контакту людини з природою”. У зв’язку з демографічним вибухом та урбанізацією туризм став масовим. Це призвело до того, що *рекреаційна місткість* екосистем у багатьох випадках виявляється багаторазово перевищеною. Сама по собі рекреаційна місткість більшості біомів не така вже й велика. Для широколистяних лісів вона становить 20—30, для соснових — всього 7, для ялинових — 15 чоловік на 1 га за рік.

У міжнародному і національному туризмі до середини нинішнього століття брало участь близько 500 млн чоловік, а до 1995 р. в туристичних подорожах і походах — понад 1 млрд чоловік. Місць, недоступних для сучасного туриста, у світі залишилось дуже мало. Тварини, особливо в період розмноження, ще зносять поодиноких, які з’являються рідко, людей, але їх дуже турбують туристичні групи, що часто намагаються встановити тривалий контакт із твариною, “стежачи” за її поведінкою. В таких умовах багато видів тварин переривають репродуктивний цикл і не залишають потомства.

Безсумнівних збитків природному середовищу завдає масовий спорт. Наприклад, в останні десятиліття в Японії набув популярності гольф. Виявилось, що територія, зайнята майданчиками для гольфу, до 1990 р. досягала 37 483 км², що для цієї невеликої країни немало. Однак це не тільки втрата території, майданчики для гольфу швидко піддаються ерозії, в них вносять дуже великі дози добрив.

Масовий аматорський і професійний лижний спорт завдає великих збитків Альпам, Карпатам, Кавказькому хребту та іншим гірським системам світу. В Альпах установлено 13 тис. підіймачів для лижників, прокладено 45 тис. лижних трас. Щорічно цей гірський масив відвідують понад 100 млн туристів. Німеччина навіть була змушена розгорнути пропаганду за організацію “ніжного” туризму, тобто такого, що шадить природу.

Повсюдним і небезпечним для біосфери стало любительське полювання. У Франції, яка посідає перше місце в Європі за цим показником, зареєстровано 1,8 млн мисливців. Не випадково на її території під час обстеження різних видів птахів Д. Гейн та ін. (1992) виявили у 19 % із них у волі від 1 до 62 дробинок. Пір'я таких птахів містило підвищені кількості свинцю. У Великій Британії було проведено облік кількості свинцевого дробу, що потрапляє у природне середовище під час спортивного полювання. Виявилось, що в донних відкладах озер нагромадилось від 3,4 тис. до 16 тис. дробинок на 1 га. У Німеччині щорічно продається 9 тис. т свинцевого дробу. У США у багатьох районах зареєстровано понад 100 тис. дробинок на 1 га мисливських угідь. Тут 10,9 % траурних голубів мають дріб у волі. Вважається, що 20—50 % лебедів гине внаслідок свинцевого отруєння, оскільки концентрація свинцю в бентосних організмах, якими вони живляться, різко підвищена. Дж. Майю (1990) у зв'язку з цим пропонує виготовляти дріб із сталі. Це розв'яже проблему свинцевого отруєння, але знищення тварин не зупинить.

Фізичне забруднення природного середовища. Під фізичними забрудниками природного середовища розуміють різні види шумів, антропогенно створювані електромагнітні випромінювання, порушення природного теплового балансу, вібрації.

Шумове забруднення. Під шумом в екології розуміють будь-який звук, який сприймається живим організмом і який порушує тишу, перешкоджає нормальній життєдіяльності цього живого організму. Згідно з визначенням Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) шум розглядають як чинник забруднення навколишнього середовища, своєрідний “відхід” технічної цивілізації.

Антропогенних джерел шуму досить багато. Це різні види транспортних засобів, промислове виробництво (насамперед металургія і текстильна промисловість), будівельне виробництво, робота радіоелектронної апаратури тощо. У містах 80 % шуму створює транспорт. Роль шуму в природі вивчає *акустична екологія*. Найсерйознішу проблему шум становить у містах (І. Л. Карадгодіна та ін., 1982), однак у міру зростання індустріалізації сільського господарства шум став важливим екологічним чинником і в сільській місцевості.

На людину особливо погано діє шум з частотою 400—800 Гц. Під

впливом шуму розвивається багато неспецифічних захворювань. Потужні шумові впливи можуть спричинити загибель організму. У Давньому Китаї існувала навіть “музикальна страта” — засудженого на смерть піддавали тривалому впливу сильного шуму, від якого він і вмирав. Для кішок і собак смертельним виявляється шумовий вплив силою 165 дБ.

У промисловості в робочих приміщеннях вважають допустимими шуми до 80—85 дБ, у житлових приміщеннях вони не повинні перевищувати 30 дБ (у деяких країнах нормативний рівень встановлено 40 дБ), а вночі — 35—50 дБ. Ці норми повсюдно порушуються. У США під ризиком втратити слух від виробничого шуму понад 100 дБ перебуває більше 9 млн працюючих на штампуванні, піскоструминній обробці, свердлінні тощо.

Низькочастотні вібрації з рівнем 10 дБ і більше викликають судинні захворювання. Згідно із спостереженнями, проведеними в Японії, діти в родинях, що мешкають поблизу аеропортів, низькі на зріст. У принципі, згідно з директивами, розробленими для країн Європейської ради, за шуму понад 90 дБ необхідно користуватись засобами індивідуального захисту.

Електромагнітні поля виникають поблизу ліній електропередач, працюючих телевізорів, радарів, холодильників та в інших випадках. Радарні та радіорелейні пристрої дають мікрохвильове випромінювання частотою 1—15 ГГц. Вплив електромагнітних полів на живі організми залежить від їхньої частоти.

Спорудження в колишньому СРСР у 60-х роках надпотужних електростанцій і високовольтних ліній електропередач (ЛЕП) вперше зробило актуальною проблему захисту населення від впливу електромагнітних полів. Їх вплив на живі організми поки що вивчено недостатньо, однак відомі факти негативного впливу електромагнітного випромінювання на здоров’я людей, які працюють у зоні такого випромінювання. Під впливом електромагнітного випромінювання (особливо тоді, коли лінія електропередач працює при частоті понад 60 Гц) людина швидко стомлюється, з’являється відчуття апатії, нерідко людина гладшає, може розвинути лейкоз, реєструються вади розвитку. Прийняті нині граничні норми напруженості електричних полів наведено в табл. 3.11. Для високовольтних ліній передбачено захисні зони, параметри яких подано в табл. 3.12.

Таблиця 3.11. Гранично допустима напруженість електричних полів

Об’єкт	Напруженість, кВт/м
Житлові приміщення	0,5
Зони житлової забудови	1,0
Приміські садово-городні ділянки	5
Автомагістралі	10
Населена місцевість	15

Таблиця 3.12. Санітарно-захисні зони
вздовж високовольтних
ліній електропередач

Напруга, кВ	Ширина захисної зони, м
33	40
50	60
750	80
1150	110

Віддаль від меж населених пунктів до таких ліній повинна становити не менше 250—300 м. Власне розробка таких нормативів уже свідчить про визнання фахівцями шкідливості електромагнітних полів для здоров'я людини. Тому деякі фахівці (наприклад, М. Оденвальд, що працює в Німеччині) наполягають на максимальному вкороченні будь-

яких ліній електропередач і встановленні екранів, що поглинають випромінювання. М. Оденвальд вважає, що агресивність багатьох водіїв автомобілів провокується пересиченістю салону електромагнітними випромінюваннями. З'явилися факти, що свідчать про шкідливий вплив на здоров'я стільникових телефонів та інших засобів спецзв'язку, які є постійним джерелом мікрохвильових випромінювань. Однак інші фахівці вважають, що шкода від електромагнітних випромінювань перебільшена, а в дозі до 10 мТл вони взагалі не шкідливі.

Радіоактивне забруднення навколишнього середовища. Радіоактивні матеріали небезпечні своїм іонізуючим випромінюванням. Іонізуюче випромінювання буває декількох видів: альфа-випромінювання — потік ядер атомів гелію; бета-випромінювання — потік швидких електронів; гамма-випромінювання — короткохвильове випромінювання, що близьке до рентгенівського проміння. Завдяки високій енергії радіоактивне випромінювання здатне вибивати електрони з їхніх орбіталей і створювати позитивно й негативно заряджені іони.

Енергетичною одиницею вимірювання випромінювання є кулон (Кл), який відповідає випромінюванню, що зумовлює утворення в сухому атмосферному повітрі іонів із зарядом в 1 Кл. З цією самою метою іноді ще застосовують застарілу одиницю рентген (Р). $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$.

Одиницею вимірювання власне поглиненої дози випромінювання є грей (Гр). В екології особливо зручно користуватися позасистемною одиницею рад. 1 рад — це доза випромінювання, за якої 1 г живої тканини поглинає 100 ергів енергії, або 1 кг — 0,01 Дж енергії.

Одиницею активності радіонуклідів є беккерель (Бк), що відповідає активності радіонукліда, за якої за 1 с відбувається один акт розпаду. Іноді застосовують також застарілу позасистемну одиницю активності радіонуклідів резерфорд (Рд). $1 \text{ Рд} = 10^6 \text{ Бк}$. Позасистемною одиницею вимірювання активності радіонуклідів є також кюрі (Ки). $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$.

Біологічна дія радіоактивного випромінювання залежить не лише

від дози, а й від його біологічної ефективності, тому в екології стосовно живих організмів застосовують одиницю бер — біологічний еквівалент рентгена. У системі СІ цій одиниці відповідає одиниця зіверт (Зв). $1 \text{ Зв} = 1 \text{ Дж/кг} = 10^2 \text{ бер}$. Має також значення тривалість життя радіоактивних нуклідів. За цією ознакою їх поділяють на короткоживучі і довгоживучі (табл. 3.13). В останніх період піврозпаду досягає багатьох десятків років, забруднення природного середовища такими радіонуклідами особливо небезпечне.

У природі є багато джерел природних іонізуючих випромінювань. Радіацію породжують радіоактивні нукліди багатьох елементів, які входять до складу гірських порід і мінералів. Головними з них є калій-40 і вуглець-14. З середини нинішнього століття почало різко зростати антропогенне радіоактивне забруднення природного середовища у зв'язку з початком у 1938 р. промислового видобування урану. Уранові руди бідні: містять не більш ніж 0,1—0,5 % урану, тому об'єми пустої породи, яка виймається з шахт і містить залишкові кількості радіоактивних речовин, величезні — адже лише в десяти найбільших уранових копальнях, на частку яких припадає 67 % світового видобутку урану, його добувають 23 589 т за рік (Р. Брукс, А. Сет, 1997). Хоча статистика у цій сфері засекречена і спотворена, однак навіть неповні дані свідчать про нарощування видобутку уранових руд у світі (табл. 3.14).

Несприятливість біологічної дії радіоактивних речовин пов'язана не лише з їхньою одноразовою дією. Багато які з радіонуклідів здатні акумулюватися в організмах на тривалий час. Так, стронцій-90 нагромаджується в кістках, йод-131 — у щитовидній залозі, цезій-137 включається в активний метаболізм, витискуючи азот.

Чутливість різних організмів до радіоактивного випромінювання не однакова. Згідно з правилом Бергоньє і Трибондо, встановленим ще в 1906 р., у межах одного організму найчутливішими є неди-

Таблиця 3.13. Нукліди, що утворюються внаслідок розпаду урану-235, та періоди їх піврозпаду

Нуклід	Період піврозпаду
<i>Короткоживучі</i>	
Стронцій-89	54
Ітрій-91	59,5
Цирконій-95	65
Ніобій-95	35
Молібден-99	2,8
Рубідій-103	39,8
Йод-131	8,1
Ксенон-133	15,3
Барій-140	12,8
Церій-141	32,5
Празеодим-143	13,9
Неодим-147	11,1
<i>Довгоживучі</i>	
Криптон-85	10,27
Стронцій-90	28
Рубідій-106	1,0
Цезій-137	30
Церій-144	0,8
Рометій-147	2,6
Плутоній-239	24 400

Таблиця 3.14. Ресурси уранових руд і темпи їх видобування в окремих країнах світу

Країна	Ресурси уранової руди, тис. т	Темпи видобування за станом на 1990 р., тис. т/рік
Австралія	1600	9
США	894	6
ПАР	391	6
Канада	235	13
Нігер	160	—
Намібія	133	4
Франція	55	—

ференційовані клітини і тканини, що мають підвищену ферментативну активність. У тварин і людини це кровотворні тканини і залози внутрішньої секреції, в рослин — меристеми.

Біологічна дія випромінювання залежить від його дози, яку організм отримує за одиницю часу. Помічено, що одноразові високі дози опромінення менш шкідливі, ніж тривало діючі низькі дози. Менша шкідливість одноразових високих доз опромінення дістала назву ефекту Петкау.

Найавторитетнішим органом радіологічного захисту населення є

Міжнародна комісія радіологічного захисту, що існує з 1928 р. Комісія розробила гранично допустимі дози опромінення. До 1977 р. вони становили 50 мЗв/рік для працівників підприємств ядерної енергетики і 20 мЗв/рік для решти населення. Сучасні дані про високу чутливість до опромінення залоз внутрішньої секреції, печінки і щитовидної залози змусили переглянути ці норми і нині вони становлять відповідно 5 і 1 мЗв/рік. Доза одноразового опромінення, небезпечного для людини, становить 50 бер, гранично допустима доза опромінення, що діє тривалий час, — 150 бер/рік. Однак на фоні стресу й ослабленості організму шкоди можуть завдавати і дози опромінення, нижчі від встановленої ГДК. У разі опромінення 2—5 рад за добу сповільнюється ріст рослини.

Середня доза іонізуючого випромінювання у сучасних індустріально розвинених країнах пересічно дорівнює 2,4 мЗв/рік. Загальний фон радіоактивного випромінювання на території України становить 70—200 мбер/рік. На поверхні Землі до 50 % загального природного фону радіоактивного випромінювання дає радон-222, який утворюється під час розпаду урану-238. Він міститься у деяких гірських породах. Використання останніх для отримання будівельних матеріалів призводить до підвищення концентрації радону в житлових і виробничих приміщеннях. Звичайна концентрація радону в повітрі перебуває в межах 1—20 Бк/м³, а в міських приміщеннях, у разі використання будівельних матеріалів, що містять радон, вона підвищується до 20—60 Бк/м³. Допустимий рівень радонового опромінення становить 200 Бк/м³. Перебування у полі цього опромінення спричинює ушкодження тканин легень і створює умови для розвитку ракових захворювань. Зниження дози опромінення радоном досягають легко — частими й активними провітрюваннями житлових і виробничих приміщень.

Небезпека антропогенного радіоактивного забруднення середовища проживання пов'язана з тим, що багато нуклідів, які вносяться в біосферу за рахунок діяльності людини, мають великі періоди піврозпаду. В плутонію він становить, наприклад, 24 400 років. Будь-які сучасні оболонки для зберігання такого плутонію починають руйнуватися від корозії вже через 25—30 років.

Проблема радіоактивного забруднення природного середовища загострилася після винайдення ядерної зброї і розвитку атомної енергетики. Антропогенне радіоактивне забруднення навколишнього середовища розпочинається з урановидобувних і переробних підприємств, які створюють забруднення ураном-238 і торієм-232. У процесі виробництва ядерної зброї і роботи АЕС нагромаджуються радіоактивні відходи. За підрахунками Г. Жорпетте і Г. Стікса (1998), до 1995 р. об'єм низькорадіоактивних відходів на АЕС світу становив 370 тис. м³, а високорадіоактивних — 3,8 тис. м³. 99,9 % радіоактивних відходів АЕС міститься в твелах реакторів. До захоронення їх упродовж 15—50 років тримають у спеціальних сховищах в осклянілому вигляді. Полігони з відходами АЕС фактично на термін у 100 тис. років втрачені для людства.

Не вирішує проблему і захоронення радіоактивних речовин в океанах, хоча лише за період 1967—1982 рр. США і Велика Британія скинули в Атлантичний океан понад 188 тис. контейнерів із радіоактивними відходами військової промисловості з сумарною активністю 1 млн 300 тис. кюрі. На додачу до цього частину таких відходів зливали в рідкому вигляді.

Небезпеку, пов'язану з атомною енергетикою та ядерним озброєнням, чітко продемонструвала аварія на Чорнобильській АЕС, що сталася у 1986 р. і призвела до викиду в навколишнє середовище радіоактивних нуклідів свинцю-239, цезію-137, стронцію-90, плутонію-240. Всього в атмосферу було викинуто 77 кг радіоактивної речовини, що відповідало випромінюванню 10^{19} Бк або 50 млн Кі (Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні, 1992). Співвідношення у викиді радіонуклідів з коротким періодом життя наведено на рис. 3.2.

На території України і Білорусі основна частина викинутих радіонуклідів зосередилась у верхніх 0—5 см ґрунту (Б. І. Якушев та ін.).

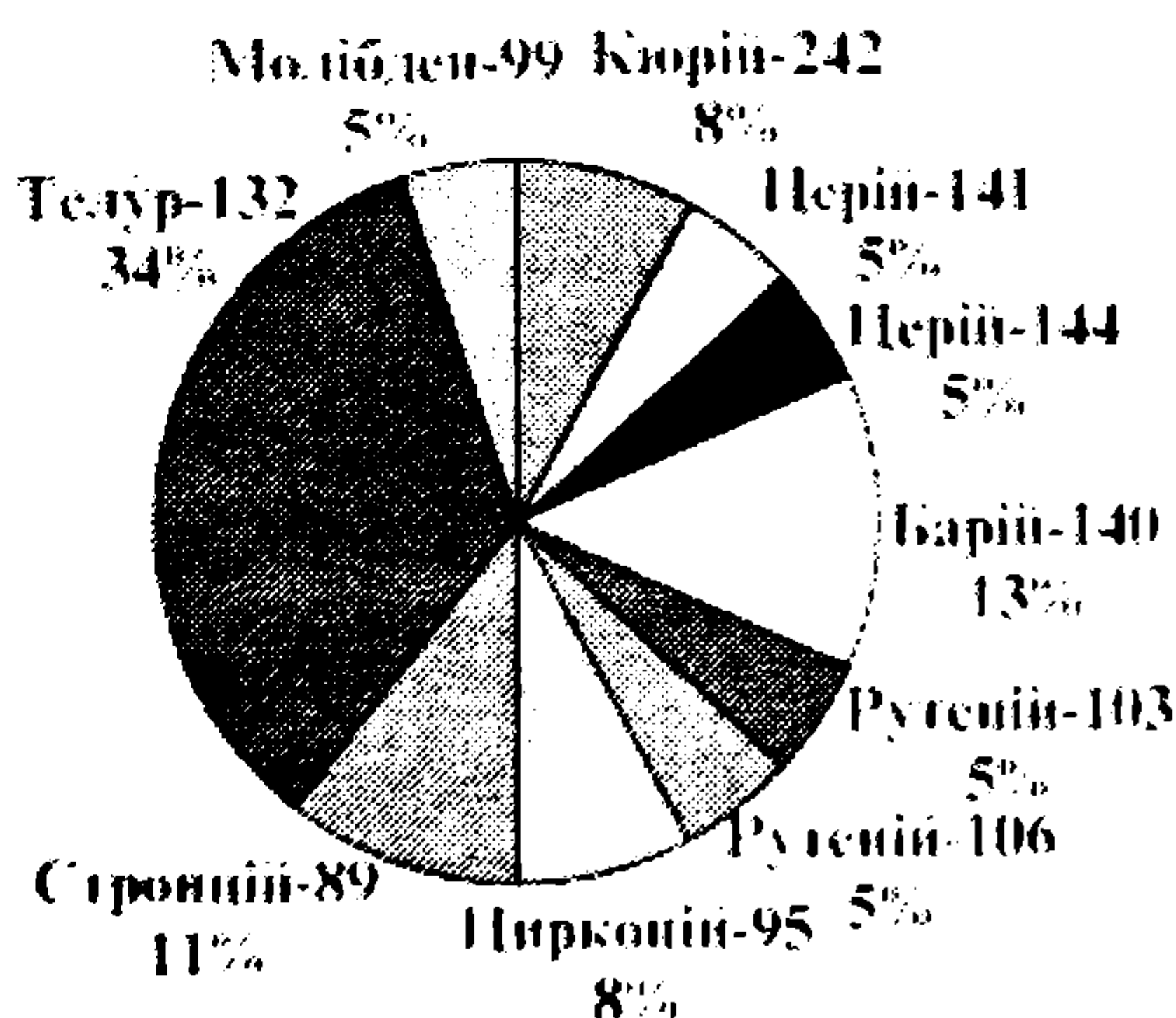


Рис. 3.2. Радіонуклідний склад викиду аварійного блока Чорнобильської АЕС — короткоживучі радіонукліди

Причина аварії на Чорнобильській АЕС мала комплексний характер: грубі помилки персоналу сумістилися з поганим державним наглядом за експлуатацією реакторів і недоліками їхньої конструкції. Аварія стала безпосереднім наслідком проведення на реакторі експерименту, метою якого було визначення, чи вистачить нагромадженої енергії турбогенератора, який продовжуватиме обертатися після зупинки реактора, для того, щоб за 1 хв запустити аварійний дизельний генератор, що дає енергію для роботи насосів водяного охолодження реактора. Однак під час проведення експерименту реактор перевели у важкокерований режим, вимкнули аварійну сигналізацію і пропустили момент зупинки реактора. Він вийшов з-під контролю і зірвався.

Маса радіоактивних речовин була викинута на висоту близько 10 тис. м і внаслідок рознесення вітром охопила радіоактивним забрудненням площу понад 10 тис. км². Радіоактивні речовини, викинуті під час аварії, потрапили в усі шари атмосфери і були рознесені вітром по всьому світу. Вітер розніс радіонукліди на великі відстані від Чорнобиля: у середніх шарах атмосфери, де була скупчена основна маса радіонуклідів, — на Білорусь і Скандинавію, а у верхніх шарах — на Китай, Японію і США. Із загального радіоактивного викиду на Україну припало 25 %, на Білорусь — 70 %, на Російську Федерацію та інші країни — 5 %.

За даними В. К. Савченко (1991), забрудненням у дозі понад $18,5 \cdot 10^{10}$ Бк було охоплено 28 тис. км² в Україні, Білорусі і Росії (табл. 3.15). В Україні радіоактивне забруднення зафіксовано на 4 млн 700 тис. га сільськогосподарських угідь. Окремі місця в Київській та Житомирській областях були настільки сильно забруднені радіонуклідами, що радіація перевищила 40 Кі/км². В Україні від наслідків аварії постраждало 2,5 млн людей, що мешкали в 11 адміністративних областях. У Білорусі тією чи іншою мірою забрудненою виявилось 40 тис. км² території, на якій мешкає 2,2 млн чоловік. В Україні в зоні вираженого радіаційного забруднення опинилося 169 населених пунктів і два міста (Чорнобиль і Прип'ять). Усього внаслідок аварії понаднормову дозу опромінення отримали більш ніж 5,8 млн чоловік.

Таблиця 3.15. Площа території, забрудненої радіонуклідами внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС

Держава	Площа забрудненої території, км ² , дозою			
	1—5 Кі/км ²	5—15 Кі/км ²	15—40 Кі/км ²	Понад 40 Кі/км ²
Російська Федерація	46 222	5450	2130	310
Білорусь	29 920	10 170	4210	2150
Україна	37 090	1990	820	640
Молдова	50	—	—	—

До 50 % населення України все ще перебуває під впливом малих доз радіації. Донині підвищений радіоактивний фон зберігається в Брянській, Гомельській, Могилівській, Житомирській і Київській областях. Тією чи іншою мірою радіоактивно зараженими є 3,5 млн га сільськогосподарських угідь і 1,5 млн га лісів (В. К. Савченко, 1992).

Збитки, завдані населенню і народному господарству Чорнобильською аварією, поширились практично на всю планету. Однак загалом збитки, завдані Чорнобильською аварією, були перебільшені засобами масової інформації деяких західних країн. Так, перевірка авторитетною комісією продуктів харчування в Нідерландах у жовтні 1990 р. показала, що небезпечними для здоров'я були тільки гриби.

Міжнародні комісії, що аналізували наслідки аварії на Чорнобильській АЕС (Д. Лафума, Р. Коултон та ін.), до складу яких входили понад 200 експертів із 25 країн світу, підтвердили, що робота щодо ліквідації наслідків аварії в основному була проведена правильно, цілком обгрунтовано виділено 30-кілометрову зону.

За даними А. Е. Романенко (1991), серед ліквідаторів аварії здоровими визнано 56 %, що свідчить про високий рівень індивідуального захисту працівників аварійного блока, в той час як серед евакуйованого населення здоровими виявились лише 38 %, що було наслідком запізнілої евакуації.

Держкомгідромет колишнього СРСР упродовж трьох років приховував об'єктивну інформацію про радіаційну обстановку.

Психосоціальний ефект Чорнобильської аварії був сильнішим за безпосередню небезпеку, і в населення продовжує виявлятися радіофобія. Необгрунтованість радіофобії видно з простого зіставлення. Під час Чорнобильської аварії було викинуто 250 млн доз цезію-137, який небезпечний для життя, а під час аварії на хімкомбінаті в Бхопалі — 2,5 млрд смертельних доз метилізоціанату, однак громадська увага і політичний резонанс від бхопальської аварії були набагато меншими.

На думку А. П. Ждановського і М. А. Можейко (1991), зміст “чорнобильського синдрому”, або як іноді кажуть “чорнобильської субкультури”, полягає у відчутті неодмінності радіаційної катастрофи і власного безсилля перед нею.

Після ліквідації наслідків Чорнобильської аварії навколо аварійного блока було споруджено об'єкт “Укриття”, який призначений для довгочасного консервування блока і запобігання викиданню радіоактивних речовин. Це складна інженерна споруда.

За підрахунками Ж. Медведєва, ліквідація наслідків Чорнобильської аварії коштувала стільки само, як і 54 ядерні реактори такого типу, як аварійний. Підраховано, що в колишньому СРСР від усіх АЕС було отримано економічний ефект у 2,5 млрд крб., а витрати на неповну

ліквідацію наслідків Чорнобильської катастрофи на момент розпаду СРСР досягнули 8,5 млрд крб. Отже, одна аварія на АЕС за вартістю перекрыла економічні переваги, які дає атомна енергетика.

Деградація біоти

Існують три основні механізми деградації живої речовини біосфери:

1) *надмірне добування*, що простежується в тому разі, коли з популяцій рослин або тварин вилучають організмів більше, ніж їх може народитися внаслідок розмноження; таким способом відбувається вимирання сировинних корисних рослин і тварин, які людина використовує як їжу, корм чи сировину;

2) *руйнування місць проживання*, що відбувається під впливом забруднення середовища побічними, в тім числі й токсичними, речовинами або збіднення ресурсів, які використовують живі організми;

3) *біологічне забруднення* шляхом свідомого чи випадкового заселення нових видів, які безперешкодно розмножуються за умов відсутності в них природних ворогів і витісняють місцеві види живих організмів.

Нині всі ці механізми діють у єдиному комплексі і тому деградація живої матерії в біосфері почала відбуватися небувало швидкими темпами. Трансформація і деградація біоти земної кулі наприкінці ХХ ст. сформувалася як глобальне явище. Вона найхарактерніша для тих регіонів планети, де: а) скоротилася площа природних угідь і відбулося їх територіальне розчленування на окремі острівці — інсуляризація; б) природні угіддя перетворені на напівкультурні; в) природі і напівкультурні угіддя мають велике експлуатаційне навантаження; г) у природне середовище надходить велика кількість промислових і сільськогосподарських відходів. Виділились два головних ефекти деградації біоти: прогресуюче зниження біологічної різноманітності і скорочення планетарної біопродукції (А. Р. Еннос, С. Бейлі, 1997).

У біосфері зменшується щільність біомаси (М. Ф. Реймерс, 1987). За період розвитку людської цивілізації, за даними С. П. Горшкова (1989), знищено понад 40 % загальної біомаси планети і 18 % гумусу ґрунтів. За розрахунками В. А. Межжеріна (1994), за період з 1959 по 1975 р. лише на території США було відчужено в поясі широт 60—50° 1382 млн т, 50—40° — 463,5 млн т, 40—30° — 658,8 млн т, 30—20° — 1326 млн т, 20—10° — 4676,3 млн т і 10° — екватор — 3273 млн т біомаси. Обсяг річного вилучення біопродукції з біосфери досягнув 7 %, а жива матерія функціонує на оптимальному рівні тоді, коли з продукції біосфери вилучається не більш ніж 1 %. Екосистеми і біосфера загалом все більше втрачають здатність до саморегулювання і само-

підтримування. Врешті-решт це надає колообігу речовин на земній кулі якісно нового непередбачуваного характеру. Сама стаціонарність біосфери виявляється під загрозою.

Чималий внесок у деградацію біомів робить біологічне забруднення. Воно виникає або за рахунок самовільної експансії у вільні екологічні ніші сторонніх для даного угруповання видів, або внаслідок зумисної чи випадкової інтродукції видів людиною. Прикладами біологічного забруднення екосистем України є розселення коло-радського жука та амброзії полинолистної. Загальновідомі важкі наслідки завезення в 1850 р. в Австралію всього 24 особин кроликів, яких до 1950 р. стало декілька мільйонів, і вони стали своєрідною екологічною катастрофою для усього континенту. Лише зараження кроликів вірусом “міксоматозу”, який поширюють мухи і комарі, дало змогу знизити чисельність кроликів на 99,98 %.

Щорічно на планеті вирубується 150 тис. км² лісів. Лише з 1850 по 1990 р. 1 млрд га лісів замінено на сільськогосподарські угіддя, а за останні 20 років лісистість планети зменшилась із 29 до 27 %. Серйозне занепокоєння викликає процес знищення тропічних лісів, які дають 22 % усієї біопродукції Землі і є основним постачальником кисню в атмосферу. Щорічно їх вирубується близько 11,3 млн га. За таких темпів цей біом може зникнути вже через півстоліття. Під впливом кислотних дощів та інших атмосферних забруднень деградують ліси на континентах. Рослини, які збереглися, набувають специфічних структурних рис: у них змінюється товщина листків, знижуються показники фотосинтезу і дихання.

Одним із механізмів деградації біоти у ХХ ст. можуть бути теплові нейтрони, що є наслідком різного роду вторинних випромінювань. Згідно з даними Р. Фішера, за останні 100 років їх кількість значно зросла. Теплові нейтрони мають період піврозпаду 11,7 млн років і, внаслідок взаємодії з азотом повітря, ґрунту і самих живих організмів, призводять до вивільнення протонів. Зміщення електронно-протонної рівноваги зумовлює хромосомні ушкодження, відмирання клітин і тканин, закислення ґрунтів та інші порушення.

У лісах спрощення структури і випадання багатьох видів рослин спричинює випасання сільськогосподарських тварин. За його високої інтенсивності відчувається нестача корму для диких тварин й увесь біоценоз лісу трансформується. В США у деяких штатах ліси так очищують від сухостою, що дятли залишаються без корму і місць гніздування. Внаслідок систематичного збирання сушняку і навіть опадів збіднилося життя в багатьох лісових масивах України.

Гинуть не лише рослини, ще більшою мірою збіднюється фауна. На суходолі одними з перших страждають хижі тварини. У Німеччині навіть відомі дати загибелі останніх представників нині зниклих видів.

Останній ведмідь був убитий в 1835 р., рись — у 1897 р., вовк — у 1881 р. У “Чорному списку” МСОП у числі повністю зниклих за період з 1600 по 1970 р. числиться 36 видів ссавців і 94 види птахів. Цей список із року в рік зростає. На території колишнього СРСР до 1917 р. внаслідок хижацького відловлювання бобрів ці тварини збереглися лише в двох популяціях — Воронежській і Білоруській.

Свій внесок в умови демографічного вибуху у знищення тварин робить спортивне полювання. У цього виду полювання є немало захисників, які вважають, що полювання звільняє тварин від більш лютої смерті в природних умовах, відповідає законам життя дикої природи, сприяє розвитку в людини любові до природи і навіть є одним із “прав” людини. Насправді полювання починає виступати “останньою краплею” у знищенні видів тварин. Необхідне його жорстке регламентування з екологічних позицій. Ще 200 років тому назад в Африці було понад 100 млн слонів. Полювання і руйнування біотопів їхнього проживання призвели до того, що в 1979 р. слонів було всього 1,3 млн, а до 1990 р. — 0,6 млн. У російському секторі Арктики залишилося всього 4—5 тис. особин білого ведмеда. Внаслідок руйнування місць розмноження і здобичі у Тихому й Атлантичному океанах вимирають багато видів черепах.

Масовими стали отруєння диких тварин ксенобіотиками та важкими металами. У США описана хвороба диких птахів “синдром Кестерсона”, що розвивається під впливом отруєння селеном і арсеном, які надходять в екосистеми з дренажними водами, які використовувались для зрошення. У таких птахів втрачається зір, деформуються кінцівки і дзьоб.

Відбувається деградація рослинних зон і зональних ландшафтів. У Канаді практично знищено 80 % прерії. Для України особливу небезпеку становить деградація степових екосистем. Вони склалися впродовж 10 млн років, а були зруйновані за якісь два-три століття. По суті Україна втратила степову біоту, вона збереглася лише на неудобрених ґрунтах і окремими дрібними фрагментами. Розораність степової зони становить 80—90 %. Знищуються прирічкові і прибалкові ліси, деградують луки. Флора і фауна дедалі збіднюються. Від антропогенних пожеж (їх реєструється до 2 тис. за рік) дуже потерпають ліси України на Поліссі, в Херсонській і Луганській областях.

Перетворення континентальних водойм і океанів на “стічні канали” цивілізації поставило під загрозу вимирання організми, які в них мешкали. У Північній Америці із 1033 видів риб 292 види, тобто 28 %, занесено в Червону книгу МСОП. На території США із 821 виду риб 21 вид вимер упродовж останнього століття внаслідок забруднення річок сільськогосподарськими і промисловими стічними водами, а ще 297 видів перебувають на межі вимирання (R. Doule, 1997).

В Австралії з корінної фауни риб 192 види 65 видів (34 %) перебувають під загрозою зникнення. Для Чорного та Азовського морів повної статистики збіднення флори і фауни немає, але із зареєстрованих у них 3500 видів живих організмів чимала частка перебуває на межі вимирання. порушене питання про створення Червоної книги Чорного моря.

Р. Марчелано (1990), який впродовж 15 років вивчав стан фауни риб у північно-західній частині Атлантики біля берегів США, виявив, що за цей період одночасно із зростанням забрудненості води збільшувалась частка хворої риби, яка страждала переважно від аденом різних видів і уражень печінки. За даними В. Баке (1993), в континентальних водоймах Європи все частіше спостерігається гниль плавників у риб, протозойні інфекції у молюсків тощо. До числа щезаючих видів належать навіть акули. Їх близько 350 видів. 80 % видів акул для людини не є небезпечними (за рік реєструється всього 30—100 випадків нападу акул на людину). Знищуються всі види акул однаково з небезпечними як об'єкти спортивного полювання і заради м'яса. Світовий ринок м'яса акул становить 600 тис. т за рік. Самі акули виступають одним із найважливіших компонентів трофічних ланцюгів океанів, їхнє зникнення створить небезпеку порушення океанічних екосистем. Розмножуються акули повільно: одна самка за рік дає всього 2—50 малят.

У величезних кількостях гинуть водні організми внаслідок так званих самовикидань риб, китів та інших видів на берег. Так, у травні 1990 р. на березі Двінської затоки було помічено масове самовикидання на берег морських зірок (до 4 млн особин) і крабів. І хоча думки окремих фахівців щодо причин таких самовикидань (частіше вони реєструються у китів, дельфінів) різні, однак у цьому разі урядова комісія визнала самовикидання прямим наслідком отруєння токсичними речовинами, що потрапляють у Двінську затоку з береговими стічними водами. За даними Ж.І. Кусто, лише за останні 20 років інтенсивність біологічного життя у Світовому океані знизилась на 30 % внаслідок техногенного забруднення. В екваторіальній зоні океанів від підняття рівня води і підвищення її температури гинуть корали.

Інтенсифікація риболовецьких технологій призвела до падіння чисельності багатьох видів не лише риб, а й інших водних організмів. Нині вже понад 2500 риболовецьких суден у світі оснащені так званими наддовгими сітями (завдовжки до 80 км). Такі сіті, що перевіряються один раз у 7—14 годин, дають величезний “небажаний прилов” неспоживаних видів риби, молюсків, ссавців і навіть птахів. Усі ці організми гинуть.

Одним із видимих виявів деградації біоти земної кулі є зниження

біологічної різноманітності, що розпочалася. Під *біологічною різноманітністю* розуміють міру різновидів біологічних об'єктів усіх рангів на кожному рівні організації живого (Б. В. Завірюха, 1996). Велика біологічна різноманітність — чинник стійкості біосфери, вона дає змогу використовувати широкий асортимент ресурсів, забезпечує буферність ланцюгів живлення, має рекреаційну та естетичну цінність. Є в цьому і моральний бік — усе живе має право на існування. Проте прямо чи опосередковано людством за порівняно недовгу історію його існування було знищено до 10 % видів живих організмів. У ХХ ст. темп знищення видів рослин і тварин досягнув 150 видів за рік. А вимирання лише одного виду означає безповоротну втрату від 1 до 10 тис. генів без урахування руйнування ланцюгів живлення, частиною яких був вимерлий вид. До вимерлих видів зокрема належать тур, стеллерова корова, гігантський лемур на Мадагаскарі. Ссавців щезло всього 120 видів, а птахів — 150 видів. Це не випадковість, а закономірний результат загальної деградації природних екосистем. Лише за видами рослин, як довів Х. Плачтер (1991), число рідкісних видів і видів уже знищених людиною винятково велике (табл. 3.16).

Міжнародна спілка охорони природи і природних ресурсів для отримання точної інформації про число видів живих організмів, які щезають, за “точку відліку” прийняла 1960 р., коли основна різноманітність фауни і флори вже була точно встановлена. Виявилось, що з 1960 по 1975 р. на Землі щезли 63 види ссавців і 74 види птахів. Це надзвичайно багато. Особливо небезпечне вимирання рослин, оскільки з кожним їхнім видом пов'язані харчуванням та іншими функціями декілька видів безхребетних, а іноді й хребетних тварин. Це означає, що із зникненням одного виду рослин щезає не менш ніж 10 видів тварин.

Процес вимирання видів торкнувся усіх континентів і акваторій. Згідно з оцінкою, наведеною у праці “Світ у 2000 році — доповідь президенту (США)”, до 2000 р. на планеті повністю зникнуть від 500 тис. до 2 млн видів живих організмів. Це становить 15—20 % числа існуючих нині рослин і тварин. Наприклад, в Австралії за останні 200 років повністю щезли 20 видів ссавців, що становить 8 %

Таблиця 3.16. Фітогенофонд деяких територій земної кулі

Територія	Усього видів	Рідкісні види	Вимерлі види
Австралія	25 000	1716	117
Європа	113 000	1927	20
Нова Зеландія	2000	186	4
Південна Африка	23 000	2122	39
Колишній СРСР	21 100	653	20
США	20 000	2050	90

натуральної фауни цього континенту. Вимерло 100 видів рослин. За підрахунками фахівців, під загрозою повного зникнення перебувають 28 видів ссавців, 30 видів птахів, 11 видів риб і до 1000 видів рослин. Це очевидний наслідок заміщення природних біомів промислово-сільськогосподарськими об'єктами. У пшеничному поясі тієї ж Австралії розорано 90 % території. А перша програма щодо охорони фауни і флори в цій країні була прийнята лише в 1968 р.

Відбувається падіння біологічної різноманітності не лише диких рослин і тварин. Це стосується також різноманітності порід домашніх тварин і сортів культурних рослин. Їх замінює мале число інтенсивних порід і сортів. Місцеві породи і сорти, адаптовані до місцевих умов, щезають. Ю. А. Столповський (1993) порушив питання про створення "Червоної книги домашніх тварин". За ініціативою ФАО в деяких країнах уже розпочато роботу щодо охорони рідкісних порід і сортів. Зоологічне товариство Лондона створило генетичний банк, а з 1971 р. і заповідник рідкісних порід домашніх тварин. Згодом на базі Ганноверського інституту ветеринарної медицини було організовано Всесвітній банк генофонду сільськогосподарських тварин.

Загалом живе населення планети стає все менш і менш різноманітним. Антропогенні екосистеми легко впізнати. Вони бідні на види рослин і тварин, домінування в них переходить до одного, двох або трьох видів організмів. У таких випадках колообіг речовин і потік енергії в екосистемі стає вузько каналізованим, що робить такі екосистеми легко уразливими.

У своїй знаменитій книзі "Безгомінна весна" Р. Карсон писала, що ті, хто понад усе цінує прибутки і технічний прогрес, несвідомо вважають, що вихід людини на сцену історії усуває проблему рівноваги в природі. З таким самим успіхом вони могли б вважати, що заодно відміняється і закон всесвітнього тяжіння! Рівновага в природі ґрунтується на внутрішніх зв'язках живого світу і його зв'язках з навколишнім середовищем. Це не означає, що людина не повинна намагатися схилити шальку терезів на свою користь, але при будь-якій спробі вона зобов'язана розуміти, що робить, і передбачати наслідки своїх кроків.

Розділ 4

СТАНОВЛЕННЯ І ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ЕКОЛОГІЇ

Вивчення природного середовища і його впливу на живі організми до початку ХХ ст. становило предмет науки екології. Цей термін було запропоновано ще в 1866 р. Е. Геккелем. На ХХ ст. припала фаза активного розвитку і диференціації екології (А. М. Гіляров, 1998). Відомий американський вчений Ю. Одум одним із перших почав розглядати екологію не як вузьку біологічну наукову дисципліну, а як міждисциплінарну науку, яка досліджує багатокomпонентні і багаторівневі великі системи у природі і суспільстві. Ця якісна зміна, зберігши за екологією її історичну назву, призвела до зміни об'єкта і предмета екології, поставила вимогу озброєння її новими методами, зробила її високо актуальною для розв'язання соціальних і економічних проблем, що постали перед людством. Упродовж ХХ ст. було виконано чимало оглядів щодо стану екологічних знань (Д. А. Андерсон, 1985, R. Sattler, 1986, Екологічна антологія, 1992, М. Ф. Реймерс, 1992, 1994, О. С. Грінін, 1995—1996).

Інтерес до екології в світі зростав у міру впровадження і розвитку другої індустріальної революції. Почали формуватися прикладні галузі екології.

Сучасна екологія чітко поділяється на три основні гілки, які відрізняються об'єктами дослідження і застосовуваними методами. Це: а) *класична екологія*, яка вивчає взаємовідношення організмів і середовища проживання; б) *енвайронментальна екологія*, предметом вивчення якої є стан природного середовища — води, повітря, ґрунту і яка практично не стосується живих організмів; в) *соціальна екологія*, що вивчає місце людини і людського суспільства в природі (Я. П. Дідух, 1996). Крім цього, в межах екології виділяються прикладні її галузі — медична екологія, екологія населених пунктів, агроєкологія, екологічна етика, екопсихологія, екофемінізм та ін. Усі ці галузі й напрями екології в широкому розумінні слова тією чи іншою мірою стосуються статусу і трансформування природного середовища.

У межах екології почали розвиватися два світоглядних підходи

до проблеми природного середовища. Один із них, що дістав назву “глибинної екології” (А. Наес, 1998), орієнтований на визнання будь-яких форм життя як рівноцінних і рівнозначних. Таку самоцінність природи можна розглядати як свого роду екоцентризм, що ґрунтується на емоціях і “людській мудрості” більш, ніж на наукових знаннях про закони формування й існування природи. Крайні представники “глибинної екології” (Б. Диволл, А. Дренгсон, В. Фокс) виходять із того, що техногенний прогрес неминуче руйнує природне середовище і зберегти біосферу можна, лише відмовившись від технологічних досягнень і технічного прогресу. Однак ці течії не враховують реалій життя. Людство не може і не захоче рухатись назад. Розвиток цивілізації слід орієнтувати не на гасло “назад до природи”, а на рух вперед до екологічного господарювання.

Другий підхід — “поверхнева екологія” є своєрідною формою філософської течії когнітивізму. Він розглядає відношення людина — природне середовище винятково як результат наукової інформації та виробничих планів, які розробляються і реалізуються.

Взяті зокрема глибинна екологія та поверхнева екологія відповідно перебільшують роль емоційної і роль свідомої діяльності людини стосовно природного середовища.

Витоки соціальної екології пов’язані з концепцією російського філософа Н. Ф. Федорова, який розробляв філософію “спільної справи”. Основними принципами цього філософського напрямку є мирний розвиток цивілізації і розумне регулювання відносин людства з природою. Однак Н. Ф. Федоров віддавав перевагу моральному над соціальним (“супраморалізм”), що не реально. Позбавлені серйозного обґрунтування і його побудови стосовно тотальної космізації людської діяльності з підкоренням Всесвіту людству.

На основі уявлень Н. Ф. Федорова, К. Е. Ціолковського, А. Л. Чижевського і В. І. Вернадського склався особливий напрям соціальної екології, що дістав назву “російський космізм”. Цей напрям розвиває ідею про безсмертя людського роду, відповідальності людства за свою діяльність і про неминучість виходу людства в Космос. Представники російського космізму намагаються в єдиній концепції об’єднати комплекс різнорідних уявлень від релігійних до природничонаукових.

Серед деяких сучасних філософів простежується тенденція до переходу від ідеї антропоцентризму до ідеї поліцентризму, яка визнає рівноцінність усіх об’єктів у світі, що нас оточує. Соціальна екологія, за Ю. П. Трусовим (1989), ґрунтується на визнанні того, що суспільний розвиток стійкий і ефективний лише на базі різноманітності природи і неруйнування її структур і що соціум може стійко функціонувати лише за базисної угоди про загальнолюдські цінно-

сті і цілі. Однак, на жаль, не можна не бачити, що в соціальній психології громадських груп поки що переважає місцевий суверенітет, коли всі природоохоронні проблеми вирішуються за принципом “тільки не в моїй хаті” — “not in my back yard”.

Предмет соціальної екології включає в себе об’єктивні і суб’єктивні компоненти. Д. Я. Кучма (1992) встановив, що суб’єктивний компонент пов’язаний з пізнавальною відповідальністю за вибір рішення. Він опосередкований рівнем знань. Відсутність знань об’єктивно робить людину невідомою, а невідомою людина суб’єктивно безвідповідальна. Це визначає особливу роль екологічного знання і професійних екологів у формуванні соціальної свободи людського суспільства.

Диференціація екології як і диференціація будь-якої науки мала позитивні наслідки, давши змогу сформувати прошарок учених — вузьких фахівців, які володіють унікальними методами роботи у кожній із нових галузей екології. Однак така диференціація мала в ХХ ст. і негативні наслідки, що полягали у втраті цілісного сприйняття природного середовища. Як справедливо зазначив Л. В. Гнатюк (1997), спостерігаючи за косною речовиною, ми при цьому “не бачимо” життя, вивчаючи життя, ми повертаємося спиною до косної речовини. Однак вони разом становлять велику річку життя в органічній і неорганічній формах.

Важливим прикладним наслідком розвитку екології впродовж ХХ ст. стало формулювання концепції *екологічного імперативу* як системи заборон на руйнування і забруднення природного середовища в процесі виробничої і соціальної діяльності (Б. М. Миркін, 1998). Поняття екологічного імперативу виходить за межі екології як науки. Воно охоплює всю сферу виробничої і соціальної діяльності людства і по суті є сполучною ланкою між екологічними знаннями й усіма матеріальними та духовними компонентами цивілізації.

Розділ 5

СИСТЕМИ ОХОРОНИ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Збереження природного середовища, дикорослих рослин і диких тварин, що проживають у ньому, дістало загальну назву *охорони природи*. Всесвітня стратегія охорони природи була проголошена в 1980 р. Об'єкти природи, що охороняються, регламентуються Червоними і Зеленими книгами. У Червону книгу Міжнародної спілки охорони природи і природних ресурсів початково було включено як такі, що перебувають на межі вимирання, 250 таксонів рослин і 768 видів хребетних тварин. Створюються Червоні книги майже в усіх країнах світу, в тім числі і в Україні. У Зелені книги вносять рослинні угруповання, що перебувають під загрозою знищення.

Збереження природного середовища здійснюють за двома напрямками. *Перший* — збереження вихідних параметрів атмосфери, ґрунту, води, яке забезпечується системою моніторингу і є головним змістом енвайроментальної екології. *Другий* — збереження біоти, яка підтримує всі життєво важливі властивості біосфери (В. С. Крисаченко, 1998). У свою чергу, охорону біоти поділяють на два рівні: популяційно-видовий, орієнтований на охорону видів живих організмів, і екосистемний, метою якого є охорона окремих природних територій. Недостатність такого підходу очевидна. Природне середовище — частина загального біосферного комплексу земної кулі і може бути збережене лише як єдине ціле. Саме вчення про біосферу В. І. Вернадського (1960), як і гіпотеза Геї Г. Лавлока (1988), однаковою мірою намагались підкреслити єдність усіх чинників існування життя на планеті. Лише зберігши досить великі ділянки біосфери, людство зможе створити *мережу охоронних природних територій*, яка забезпечуватиме стабільність усього природного середовища планети.

Оскільки нині за високої щільності населення всі рослинні комплекси тією чи іншою мірою зазнають рекреаційних навантажень, необхідне зонування території. В Україні таке зонування проводять, поділяючи територію на три категорії (зони):

1) *зона локальних змін рослинності*, де рекреаційного впливу зазнає не більш ніж 20 % регіону і то лише влітку; це північні частини України;

2) *зона регіональних змін*, де рекреацією зачеплено 20—25 % території, а на 3 % рослинність перебуває у фазі крайніх ступенів дегресії; ця зона охоплює 2/3 території України;

3) *зона агломеративних змін*, де рекреація відбувається цілорічно і зачіпає всі види рослинного покриву, крім заповідників; у цій зоні деградовано до 10—15 % рослинних угруповань; до цієї зони належать Південний берег Криму та деякі промислові райони Східної України з високою щільністю населення.

Ю. Р. Шеляг-Сосонко і М. П. Жижин справедливо підкреслювали, що в самій теорії охорони природних об'єктів поки що панує монофункціональна парадигма. Вона передбачає пасивну охорону генофонду живих істот у формі охорони видів на виділених з цією метою територіях. Поза охороною залишаються викликані антропо-генезом біоми, екосистеми, еволюційні тренди, що перебувають на межі зникнення. На черзі стоїть розробка поліфункціональної парадигми охорони природи, яка включатиме, по-перше, активні і пасивні методи охорони живої матерії, а, по-друге, передбачатиме охорону на всіх рівнях організації біосистем.

У разі моніторингу необхідний контроль надходження в природне середовище усіх видів етоксикантів. Якість моніторингу визначається також простеженням міграції етоксикантів по ланцюгах живлення аж до повного їх розкладання, тобто так званої кінцевої точки (J. Römbke, J. Moltmann, 1996).

Згідно з даними Ю. Р. Шеляг-Сосонко й І. Г. Ємельянова (1997), повинна реалізовуватись ієрархія функцій охорони природи: охорона частин популяцій окремих видів — охорона цілих популяцій — охорона раритетних ценозів — охорона екосистем — охорона природно-територіальних комплексів — охорона ландшафтів. Лише за цих умов можуть бути реалізовані вимоги Конвенції про біологічну різноманітність, прийнятої на конференції ООН у 1992 р.

Важливим компонентом охорони природи, як зазначалось, є створення безперервної мережі охоронних природних територій, на яких заборонено знищення рослин і тварин. Для тварин така мережа особливо важлива, оскільки у зникненні багатьох видів диких тварин винне не пряме їх знищення, а руйнування місць їхнього проживання. Згідно з даними Т. Л. Андрієнко та ін. (1991), охоронні природні території повинні відповідати принципу репрезентативності: ландшафтно-ценотичному, ценотичному і флористичному й бути унікальними за цими самими критеріями.

Природне середовище дає притулок великій різноманітності живих організмів. Нині їх описано 1,5—2 млн видів, у тім числі комах понад 1 млн, рослин (без грибів) — 250 тис., хребетних тварин — 45 тис. видів. Біологічна різноманітність виступає як закон структурування і функціонування біосфери (А. К. Скворцов, 1996). У вузькому розумін-

ні слова під *біологічною різноманітністю* вбачають число видів живих організмів на планеті або на її окремій ділянці. Однак в екології доцільніше розрізняти різні рівні біологічної різноманітності, включаючи в це поняття і різноманітність популяцій у межах конкретного виду як форм його існування, і різноманітність біоценозів та екосистем. Всі категорії біологічної різноманітності унікальні і неповторні, а видова біологічна різноманітність крім того є невідновлюваним ресурсом біосфери і чинником її стійкості.

Більшість країн Європи розробили для континенту Всеєвропейську стратегію збереження біологічної і ландшафтної різноманітності, яку схвалила конференція міністрів європейських країн “Природне середовище для Європи” у Софії (Болгарія) у жовтні 1995 р. Всеєвропейська стратегія включає в себе так званий Перший план дій на 1996—2000 рр. У нього входять розділи: 0 — загальноєвропейська тактика і становлення процесу Стратегії; 1 — інтеграція біологічної і ландшафтної різноманітності; 2 — впровадження Європейської екологічної мережі природних об’єктів; 3 — політична підтримка програми; 4 — охорона ландшафтів; 5 — охорона берегових і морських екосистем; 6 — охорона річкових систем Європи; 7 — охорона континентальних водно-болотних угідь; 8 — охорона трав’янистих екосистем; 9 — охорона лісових екосистем; 10 — охорона гірських екосистем; 11 — підходи до охорони видів живих організмів, яким загрожує знищення. Отже, Всеєвропейська стратегія носить комплексний характер і є зразком продуманого всебічного підходу до проблеми.

Під впливом антропогенезу швидко відбувається падіння рівня біологічної різноманітності на планеті. За підрахунками П. Рейвена (1993), під загрозою знищення перебуває 1/5 усіх рослин світу. Тим не менше, як справедливо підкреслював К. М. Хайлов (1998), “предметом раціонального використання та охорони живої природи повинні бути не переважно біологічні види, а всі біокосні системи”.

Однак однією з важливих форм збереження видової біологічної різноманітності може бути робота щодо створення так званих генетичних банків, у яких в замороженому стані зберігається насіння рослин і статеві клітини тварин. Перший у світі досить представницький банк для рослин був створений М. І. Вавиловим при Всесоюзному (нині Російському) інституті рослинництва. У ньому зберігається близько 400 тис. зразків насіння рослин з усього світу. Має такі сховища й Україна. Важливі не лише централізовані центри збереження біологічної різноманітності, а й регіональні. В Україні одним із них є Устимівська дослідна станція рослинництва Української академії аграрних наук. У ній, наприклад, у 1992 р. висівали велику кількість зразків сільськогосподарських культур, у тім числі для

поповнення генетичного банку України — 3079, для вивчення — 5293, для підтримання схожості насіння — 4583. Додатково в інтродукційно-карантинному розсаднику вивчали 1048 зразків. У дендропарку при цій станції вирощують 489 видів, різновидів і садових форм із 50 родин. Колекції такого типу доцільно мати в кожному регіоні України.

Охорона природи — це не лише збереження того природного середовища, в якому сформувалося і може оптимально існувати людство, а й вирішення багатьох інших проблем. Заповідання природних об'єктів виконує природничонаукову, виховну, культурно-історичну, освітню, оздоровчо-рекреаційну, духовну та багато інших функцій (Д. Рифкін, 1995, В. Є. Борецько, 1996). Однак, безумовно, головною метою охорони природи є вироблення рішень, які забезпечували б екологічну безпеку на планеті.

Під *екологічною безпекою* розуміють такий стан суспільства і природного середовища, який забезпечує збалансовану взаємодію в системі природне середовище — матеріальне виробництво — соціально-духовне життя суспільства за вираженої здатності природного середовища до самовідновлення і збереження його якостей, що відповідають потребам людства і всієї біоти Землі.

Екологічна безпека не може забезпечуватись лише спеціальними природоохоронними діями. Її можна досягти, як показує історія ХХ ст., лише завдяки поєднанню економічних, соціальних, політичних і демографічних механізмів.

Охорона природи на території колишньої Російської імперії та СРСР є наслідком протиборства порівняно невеликої соціальної групи учених біологів, екологів та ентузіастів з адміністративною системою, чітко зорієнтованою на технічний прогрес. Ще в 1912 р. при Російському Географічному товаристві було створено першу природоохоронну комісію — зародок громадського центру з охорони природи. У 1925 р. організовано Всеукраїнське товариство захисту тварин і рослин. Від Російської імперії країна успадкувала чималий заповідний фонд і велике число збережених природних об'єктів. До 1917 р. заповідників було 309, і вони займали понад 1 млн десятин (1 десятина ~ 1,46 га). Фактично заповідними були обширні землі численних монастирів. В Україні було понад 150 дендропарків. На початку 30-х років було створено ще 21 новий заповідник.

По степах Росії й України першого важкого удару завдала сталинська реформа. Великих збитків природі країни завдали революція і наступна громадянська війна. Згодом, за часів СРСР, степи остаточно зникли з карти країни під впливом суцільної колективізації та індустріалізації сільського господарства. В 1929—1930 рр. площа орних земель у степовій частині країни була збільшена на 10 % за рахунок суцільного розорювання решток цілинних степів, які ще збереглися.

Ліси країни по-хижацькому вирубувались для потреб другої п'ятирічки, а далі й наступних. Промисловість, що розвивалася, вимагала все більше шпал, рудникових стояків, деревини для хімічної переробки. На зміну вибірковим вирубуванням прийшли суцільні концентровані, які після себе залишали пустелі. Ідеї охорони природи прийшли в протиріччя з індустріалізацією СРСР і колективізацією його сільського господарства. Антиекологічність панівних концепцій перетворення природи стала всезагальною ідеологією. Навіть К. Е. Ціолковський вважав, що на Землі потрібно знищити всіх “шкідливих” тварин і залишити лише “корисних”.

Ідеологіями руйнування природного середовища в країні стали послідовно мічурінська біологія, очолювана Т. Д. Лисенком, і хрущовський авантюризм із його гаслом “При соціалізмі природу охороняти ні від кого”. Заповідники і заказники, що займали по суті мізерну площу країни, планомірно або зменшувались за площею, або повністю ліквідовувались. Так, на господарське підприємство з 1931 р. почав перетворюватися єдиний великий степовий заповідник країни Асканія-Нова. У 1933 р. Степовий інститут було закрито (В. Є. Борецько, 1997). У 1951 р. постановою Ради Міністрів СРСР “Про заповідники” було ліквідовано 88 заповідників, а в решти 40 значно зменшена площа. У 1957 р. кращі заповідники країни — Біловезька Пуща, Кримський та Азово-Сиваський були перетворені на заповідно-мисливські господарства. Після відкриття на території Лапландського заповідника корисних копалин статус території як заповідної просто ігнорувався.

Захисники ідеї раціонального природокористування із дотриманням екологічного балансу піддавались цькуванню, дискримінації, а часто й репресіям. Такими виявились долі великих фахівців у галузі охорони Г. А. Кожевникова, А. Семенова-Тяншанського, В. Станчинського, Б. Є. Райкова. Наукові і популярні журнали типу “Жива природа”, “Журнал екології і біоценології” та інші подібні до них закривались. Журнал “Охорона природи” спочатку було перейменовано на “Природа і соціалістичне господарство”, а згодом ліквідовано. Була встановлена екологічна цензура, що практично забороняла публікування праць з екологічної і природоохоронної тематики. Заодно з 1957 р. заборонялися публікації щодо числа лісових пожеж, з тематики екологічної катастрофи на Байкалі тощо, а з 1979 р. — щодо впливу на гідрокліматичні умови країни запланованого перерозподілу стоку північних річок на південь країни (В. Є. Борецько, 1996). Загалом закритість преси для об'єктивних екологічних даних і оспівування успіхів у підкоренні природи створювали в СРСР на багато десятиліть примарну картину екологічного благополуччя.

Технократизм користувався підтримкою влади і легко перемагав. Звичайно, для цього були й об’єктивні причини. На початку 30-х років по країні, включаючи Сибір, Поволжя, Україну, прокотилися хвилі голоду, що забрали мільйони людських життів. Проблему забезпечення населення продуктами харчування намагалися розв’язати і розв’язували не за рахунок раціонального господарювання і здорової економіки, а екстенсивно — розширенням посівних площ і збільшенням чисельності домашньої худоби. Під гаслом підвищення продуктивності природних екосистем відбувалося поголовне знищення “шкідників”, що фактично порушувало екологічні зв’язки і руйнувало біоту. Так, лише в 1929 р. юннати України знищили 2 млн ховрахів (В. Є. Борецько, 1996). Було встановлено премії за відстріл хижих птахів. В Україні весняне полювання було заборонене тільки в 1925 р.

Загальну мізерність охоронних природних територій у колишньому СРСР видно з даних табл. 5.1.

У розвинених країнах світу відбувався, хоча й у менших масштабах, аналогічний процес. У США позитивну роль відіграв президент Т. Рузвельт, у період президентства якого було досягнуто великого зрушення в охороні природи на території країни. Тут перебуває під охороною понад 1500 ділянок загальною площею 3,25 млн га.

В усіх розвинених країнах у збереженні природного середовища досить активну роль відіграють різні неурядові організації: товариство захисту тварин, Європейський центр екоагротуризму та ін.

До 1988 р. в Україні було 5327 об’єктів природно-заповідного фонду загальною площею 1 млн 124 тис. га (близько 2 % території України). Категоризація охоронних природних об’єктів і територій розроблена Законом України про охорону навколишнього природного середовища. Вона поділяє їх на природні і біосферні заповідники, національні природні парки, заказники, заповідні урочища, пам’ятки природи та ін. За ініціативою уряду України відбувається розширення її заповідного фонду: за останні роки він зріс на 42 %. Створено нові заповідники і національні парки, розширено площу старих заповідників. До 1992 р. заповідний фонд України включав 5602 території

Таблиця 5.1. Динаміка заповідної мережі в колишньому СРСР упродовж ХХ ст.

Показник	Рік							
	1920	1930	1950	1952	1970	1975	1983	1988
Число заповідників	5	34	126	39	89	102	137	158
Площа, млн га	0,3	3,7	12,2	1,5	6,5	7,6	13,2	21,8
Частина від загальної площі країни, %	0,01	0,20	0,50	0,07	0,30	0,34	0,59	0,97

й об'єкти і мав загальну площу 1 млн 255 тис. га. Площа заповідників і національних природних парків становила 331 тис. га або 0,6 % території країни. До 1 січня 1999 р. заповідний фонд збільшився і включає нині 6572 охоронні території й об'єкти загальною площею 2037,2 тис. га, що становить 3,87 % площі України (табл. 5.2). Поставлене завдання до 2000 р. довести її до 4 %.

Охороняти природне середовище можна лише інтегровано, на першому рівні це охорона ландшафтів (М. Д. Гродзинський, 1993) і

Таблиця 5.2. Заповідники і національні парки України

Назва	Рік створення	Площа, га
<i>Біосферні заповідники</i>		
Асканія-Нова	1898	33 307
Чорноморський	1927	89 100
Карпатський	1993	57 900
Дунайський	1998	46 400
<i>Природні заповідники</i>		
Канівський	1923	2027
Український степовий	1961	2764
Луганський	1968	1608
Поліський	1968	20 104
Ялтинський гірсько-лісовий	1973	14 523
Мис Март'ян	1973	240
Карадазький	1979	2855
Розточчя	1984	2080
Медобори	1990	10 455
Дніпровсько-Орільський	1990	3766
Кримський	1991	42 000
Горгани	1996	5300
Єланецький Степ	1997	1700
Опукський	1998	1592
Рівненський	1999	47 000
Казантипський	1998	450
<i>Національні природні парки</i>		
Карпатський	1980	50 300
Шацький	1983	32 515
Синевир	1989	40 400
Азово-Сиваський	1993	54 000
Вижницький	1997	7900
Подільські Товтри	1996	261 300
Святі Гори	1997	40 000
Деснянсько-Старогутський	1999	16 200
Сколівські Бескиди	1999	35 700
Яворівський	1998	7100

створення раціональної мережі заповідних територій (Ю. Р. Шеляг-Сосонко, 1998). В Україні така мережа ще далеко не досконала, роздроблена і не досягає бажаного розміру: 3—4 % пересічно по країні і 9—10 % по окремих регіонах (Т. Л. Андрієнко та ін., 1996, Т. Л. Андрієнко, 1998). За великої протяжності державного кордону й особливостей території для України особливо важливе створення мережі міждержавних природно-заповідних територій.

Як розвиток такої мережі на початку 1999 р. було створено новий для України Деснянсько-Старогутський національний природний парк, розміщений у східній лівобережній частині Українського Полісся. Він більш репрезентативний для природного середовища Полісся, ніж Шацький національний природний парк. Новий парк відрізняється великою різноманітністю ландшафтів і фауністичних комплексів, у ньому є велике число рідкісних реліктових і пограничноареальних видів. Територія, виділена під Деснянсько-Старогутський національний природний парк, добре збереглася і слугуватиме центром наукових досліджень та екологічної просвітницької і виховної роботи.

Розділ 6

ПРИРОДООХОРОННЕ Й ЕКОЛОГІЧНЕ ЗАКОНОДАВСТВО

За умов чітко вираженої глобальної екологічної кризи у другій половині нашого століття, а особливо в останнє його десятиліття почали активно створювати правові документи міжнародного і державного рівнів з охорони природного середовища (А. Н. Лебедева, О. Л. Лаврик, 1992). Законодавствами переважної більшості країн світу передбачається контроль за станом природного середовища і біоти та юридична відповідальність за його забруднення (В. Н. Яковлев, 1988, В. В. Петров, 1995).

Наприкінці ХХ ст. людство чітко усвідомило, що успіхи у збереженні природного середовища у формі, придатній для людської цивілізації, можливі лише в разі міжнародного співробітництва урядових і громадських організацій (Ж. Фолтані, 1996). Такий підхід цілком обґрунтований. Взаємозалежність країн світу стосовно якості природного середовища і природних ресурсів винятково велика. Міждержавний характер мають транспортні перевезення сировини і продукції. У другій половині ХХ ст. все чіткіше почала виявлятися виробнича спеціалізація не лише великих регіонів, а й держав. Одні з них, переважно розвинені країни світу, зайняті в основному виробництвом, пов'язаним з тонкими технологіями, інші виконують роль постачальників матеріальних та енергетичних ресурсів. Згідно з цим порушення природного середовища виявляються нерівноцінними і різномасштабними.

У справі збереження природного середовища велику роль почали відігравати пакти й угоди. Закон закріплює соціальні й етичні норми в житті людського суспільства. Він повинен закріплювати такі норми і в системі людина — природне середовище. Природне середовище може підтримуватись на оптимальному рівні якості лише в разі стабільного паралельного існування людства і біосфери, цивілізація повинна розвиватися збалансовано і стійко, а впливи на природне середовище не перевищувати буферної місткості біосфери (В. Мальцев, 1995).

Роль каталізатора в розробці єдності дій цивілізованого людства

в галузі охорони природного середовища відіграла Програма ООН щодо навколишнього середовища (ЮНЕП), яка була прийнята в 1972 р. Генеральною Асамблеєю ООН. Нині на міжнародному рівні реалізується понад 100 міжнародних проектів з охорони природи. Зокрема, прийняті такі важливі міжнародні документи як Конвенція про транскордонне забруднення повітря (1979), Конвенція з морського права (1982), Конвенція про охорону озонового шару (1985) та ін.

У 1992 р. в Ріо-де-Жанейро відбулася конференція з охорони природного середовища, на якій було представлено 178 держав і 1600 неурядових громадських організацій. Серед прийнятих документів найважливішими є Конвенція про біологічну різноманітність і Порядок денний — ХХІ століття. Однак головним підсумком цієї конференції стало усвідомлення необхідності переходу людства до стійкого розвитку. По суті мета політики усіх країн світу повинна збігатися і бути спрямованою на збалансованість споживання природних ресурсів та економічних благ з можливостями природного середовища і забезпечувати тим самим її стійке функціонування. Міждержавні контакти сприяли виробленню механізмів взаємодії суверенних держав у галузі охорони навколишнього природного середовища.

Реалізація міждержавної екологічної політики нині здійснюється на основі: а) добровільної участі у тих чи інших угодах і конвенціях; б) угод щодо компенсацій за збитки, завдані природному середовищу; в) отримання ліцензій на проведення виробничої діяльності, пов'язаної із забрудненням природного середовища.

Лідерами у формуванні принципів екологічної політики та її впровадженні, безумовно, є країни Західної Європи. У сучасній Європі, згідно з даними французького ученого Т. Лаво (1991), виділяють чотири великих регіони, які відрізняються за впроваджуваною екологічною політикою. *Перший регіон* — країни півдня Європи, найменш екологічно розвинені, з аграрною спрямованістю виробництва. Вони мають багато складних екологічних проблем і сподіваються в для їх розв'язання на фінансову допомогу з боку Європейської співдружності. *Другий регіон* — Північна Європа, держави якої відрізняються найбільш гармонійним розвитком і раціональним використанням природних ресурсів. Вони успішно розв'язують екологічні проблеми, спираючись на традиційно екологізований світогляд широких мас населення. *Третій регіон* — країни північного заходу Європи, які відрізняються високим промисловим потенціалом і сильним забрудненням природного середовища. Країни цього регіону мають достатні засоби і з кінця 80-х років почали впроваджувати енергійну екологічну політику. *Четвертий регіон* — країни Східної Європи, які відрізняються дуже високим рівнем забруднення середовища проживання й не мають економічних і

фінансових засобів для оперативного і стратегічного розв'язання екологічних проблем.

Після утворення Європейської Економічної Співдружності (ЄЕС) з 1987 р. отримала поширення ініціатива Франції щодо сумісної міждержавної охорони природи. Вона стала поштовхом для створення багатьох видів міжнародних структур. У тому ж таки 1987 р. було створено Європейську дослідницьку організацію щодо охорони навколишнього середовища (ЄЕКО), яка взяла на себе підготовку екологів за допомогою системи спеціальних курсів із терміном навчання від 3 місяців до 2 років. З 1994 р. ЄЕС отримала найменування Європейський Союз (ЄС), що об'єднує 13 держав із загальною чисельністю населення 345 млн чоловік. Програми охорони природного середовища цієї групи держав стали тісніше скоординованими. Укладена і виконується Конвенція про транскордонне забруднення повітряного середовища. Прийнята Європейська хартія захисту навколишнього середовища і здоров'я. Нині в ній беруть участь уже 15 держав Європи, під сумісною охороною знаходяться 38 заповідників.

ЄЕС, а потім і ЄС з 1973 р. послідовно розробили і реалізували чотири великі програми з охорони навколишнього середовища. Прийнята практика підготовки в цій галузі спеціальних директив, обов'язкових для країн ЄС. Нині в галузі екології діють 120 таких директив. Зокрема директива ЄС № 90/313 відкриває повний доступ будь-якого громадянина до екологічної інформації. Посадові особи зобов'язані видавати таку інформацію в термін не більш ніж 2 місяці. Таємною залишилась лише інформація, яка зачіпає інтереси безпеки держави, а також промислова і комерційна інформація.

У 1993 р. ЄС прийняв новий стандарт (BS 7750) на широке коло продуктів промислового і сільськогосподарського виробництва та на діяльність підприємств, згідно з яким жорсткіше регламентуються забруднення навколишнього середовища, витрати енергії на виробництво і створення шумового забруднення.

Цілісний підхід до екологічних проблем було забезпечено за рахунок проведення в 1990 р. Європейської конференції міністрів охорони природи, на якій було прийнято документ "Європейська стратегія охорони природи". У ньому в основу роботи європейських держав покладено негалузевий підхід, зроблено акцент на реалізацію насамперед запобіжних заходів і досить чітко розподілені обов'язки національних урядів і міждержавних організацій. У 1991 р. Комісія ЄС схвалила п'ятий план оздоровлення навколишнього середовища Європи, який дістав назву "На шляху до екологічної стабільності". Особливостями цього плану є орієнтація на переробку відходів усіх

видів виробництв у місцях, розташованих якомога ближче до самого виробництва, на комерційні санкції стосовно підприємств, які забруднюють природне середовище, на більш жорсткий контроль за об'ємом викидів вуглекислого газу.

У Софії в 1995 р. була підписана міжнародна угода і прийнята Всеєвропейська стратегія охорони ландшафтної і біологічної різноманітності.

Добрим прикладом екологічної конверсії спадщини холодної війни виступила ініціатива об'єднаної Німеччини щодо створення “Зеленої стрічки”. Вона повинна розташуватися вздовж колишнього кордону ФРН і НДР, де в раніше закритій охоронній зоні на відстані в 422 км буде створено низку нових заповідників і заказників. Загалом Центральна і Східна Європа на момент закінчення холодної війни дістали немало районів, які раніше перебували під суворою військовою охороною, природа в яких збереглася. Виник громадський рух “Екологічні цеглинки для Європейського дому”, метою якого є відкриття тут 24 нових заповідників. Європейський підхід користується популярністю в усіх економічно розвинених країнах. Залучаються у сферу європейської політики охорони природи й держави, що розвиваються.

Як європейська держава Україна приєдналася до процесу державного і правового регулювання збереження якості природного середовища. У 1991 р. було створено Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, за його ініціативою розпочато розробку пакета законів і законодавчих актів з екологічних проблем, що включають охорону атмосфери, води, рослинного і тваринного світу. Як учасник Конференції 1992 р. в Ріо-де-Жанейро суверенна Україна внесла пропозицію про екологічну конверсію виробництв, взяла на себе зобов'язання забезпечувати екологізацію економіки й розв'язання екологічних проблем як першочергове завдання господарської і державної політики. Україна бере участь у роботі Програми ООН щодо навколишнього середовища (ЮНЕП).

Прикладом відповідального підходу до збереження природного середовища може бути правова база, що розроблялася в 1991—1999 рр. в Україні. Конституцією України передбачено збереження екологічної рівноваги на її території (стаття 16), забезпечується вільний доступ до інформації про стан природного середовища (стаття 50), правова та економічна відповідальність за забруднення середовища (стаття 66). Прийнято Закон України про охорону навколишнього природного середовища (1991), Закон України про природно-заповідний фонд (1992) і Закон України про екологічну експертизу (1995). Низку питань охорони природного середовища регламентують Земельний, Лісовий, Водний кодекси (1992—1995).

Основними пріоритетами в національній політиці України в галузі охорони навколишнього середовища (Національна доповідь про стан навколишнього середовища в Україні, 1992, А. І. Черкас, 1991 та ін.) є: 1) підтримання екологічних процесів у природних системах території держави; 2) збереження біологічної різноманітності в біоценозах; 3) оптимізація користування природними ресурсами; 4) забезпечення майбутніх поколінь громадян України сприятливим навколишнім середовищем.

Для України з її високою щільністю населення важлива реалізація програми запобігання аварійним надзвичайним ситуаціям. На основі даних екологічних і технічних експертиз аварійно небезпечні підприємства потрібно реконструювати, їх неприпустимо експлуатувати. Повсюдно необхідно споруджувати захисні системи різного типу (дамби, водовідводи, протилавинні загорожі тощо). Потрібно розробити систему евакуації населення на основі сценаріїв пом'якшення результатів аварій і швидкої ліквідації їхніх наслідків.

В Україні прийнято розрізняти дві категорії регіональних несприятливих екологічних ситуацій: **екологічна катастрофа**, коли внаслідок дії природних сил чи виробничої діяльності людини виникають гострі несприятливі зміни навколишнього середовища, які призводять до масової загибелі живих організмів та економічних збитків; **екологічна небезпека**, коли в навколишньому середовищі з'являються ознаки несприятливих змін, що ставлять під загрозу здоров'я людей, стан природних об'єктів і господарську діяльність. Визнання тієї чи іншої території як такої, що належить до однієї з цих екологічних ситуацій, здійснюється відповідно до законодавства України.

Нині природоохоронне законодавство є практично в усіх країнах світу. Провідною державою у сфері державного регулювання проблем екології є Німеччина. З кінця 70-х років Німеччина прийняла понад 600 різних законодавчих актів у галузі охорони навколишнього середовища. В 1990 р. було прийнято закон про охорону навколишнього середовища Великої Британії. Забруднення середовища проживання карається як кримінальний злочин або дуже високим штрафом: від 2 тис. до 20 тис. фунтів стерлінгів. Королівському суду дано право призначати штраф необмеженого розміру.

Природоохоронне законодавство почало міцно переплітатися з прийняттям державних екологічних програм. У Франції в 1990 р. прийнято "Зелений план", в Японії — прогноз-програму "Нова Земля — 21", у якій перші 50 років ХХІ ст. відводяться на впровадження нових екологічно безпечних технологій, а другі 50 років — на відновлення зеленого покриву країни.

У міжнародному екологічному праві чільне місце посідає принцип

запобігання, згідно з яким основною метою громадянських дій є запобігання порушенню природного середовища, а не усунення наслідків таких порушень. У разі розглядання навколишнього середовища як різновиду товару постає питання про отримання платних ліцензій на користування цим видом товару.

Природоохоронне законодавство передбачає заохочувальні і каральні економічні впливи на виробників. Заохочувальні реалізуються через систему: а) податкових пільг; б) заохочувальних цін і надбавок на екологічно чисту продукцію; в) пільгового кредитування. Каральні економічні впливи реалізуються зазвичай у вигляді штрафів за забруднення природного середовища.

Під час розробляння системи таких штрафів приймають дві нерівності для оцінки розміру витрат підприємства ($B_{\text{під}}$), пов'язаних із природоохоронною діяльністю:

$$B_{\text{під}} < (P_{\text{ут}} + O_{\text{п}} + K_{\text{п}} + C_{\text{н}}) \\ \text{і } B_{\text{під}} < (П_{\text{п.р}} + П_{\text{п.з}} + П_{\text{р.в}} + Ш + O_{\text{дод}}),$$

де $P_{\text{ут}}$ — прибуток, що отримується від утилізації відходів; $O_{\text{п}}$ — пільги щодо оподаткування; $K_{\text{п}}$ — кредитні пільги; $C_{\text{н}}$ — надбавки до цін на продукцію; $П_{\text{п.р}}$ — плата за понаднормативне використання ресурсів; $П_{\text{п.з}}$ — плата за понаднормативне забруднення природного середовища; $П_{\text{р.в}}$ — плата за розміщення відходів; $Ш$ — штрафи, що стягуються з підприємств за забруднення природного середовища; $O_{\text{дод}}$ — додаткове оподаткування.

Діяльність підприємства щодо охорони природного середовища може вважатися організованою оптимально в разі дотримання обох цих нерівностей.

Дія природоохоронного законодавства неможлива без отримання об'єктивної інформації про стан природного середовища. Контроль за станом природного середовища здійснюється у формі моніторингу. Розрізняють такі його форми: фоновий, імпактний (відстежуються ефекти разових впливів), глобальний, регіональний тощо (табл.6.1). Причому моніторинг часто зводиться до обліку мало пов'язаних між собою параметрів середовища проживання. Правильно організований моніторинг повинен відстежувати рух екотоксикантів та їхніх похідних за всіма ланками ланцюгів живлення (О. Д. Філіпчук та ін., 1996).

Правове визначення забруднень природного середовища найчастіше ґрунтується на концепції ГДК — гранично допустимих концентрацій. Вона оснований на пороговій дії багатьох токсичних речовин, яка полягає в тому, що шкідливість речовин виявляється лише в разі досягнення цією речовиною певної концентрації. Ця концепція неодноразово піддавалась критиці (А. М. Степанов, 1989). Справді,

Таблиця 6.1. Система моніторингу природного середовища

Вид моніторингу	Об'єкт	Основні показники
Фоновий	Приземний шар повітря	Концентрація токсичних речовин
	Поверхневі і ґрунтові води	Концентрація токсичних речовин і залишкових кількостей добрив
	Радіаційний фон	Наявність різних видів радіації
Біосферний	Природні екосистеми	Біологічна різноманітність і продуктивність
	Еталонні види рослин і тварин	Стан популяцій та особин
	Рідкісні види рослин і тварин	Стан популяцій та особин
	Біохімічні цикли	Завершеність циклів і відходність, наявність ксенобіотиків.
		Відповідність ГДК
Господарський	Викиди в атмосферу, тверді відходи і стічні води промислових підприємств	Відповідність ГДК
	Викиди в атмосферу, тверді відходи і стічні води сільськогосподарських підприємств	Відповідність нормам зберігання і знезаражування
	Побутові відходи	Відповідність нормативам
	Шум	Те саме
	Електромагнітне випромінювання	— " —

далеко не всі речовини безпечні в допороговій концентрації. Саме визначення порогу шкідливості зазвичай проводять на лабораторних тваринах, і перенесення таких порогів на людський організм не завжди правильне. Концепція ГДК жодною мірою не враховує кумулятивну дію токсикантів і підвищення їхньої шкідливості в разі сумісної дії декількох токсичних речовин. У ХХІ ст. принципи екологічного нормування повинні ґрунтуватися на інших критеріях.

У збереженні природного середовища винятково важливу роль відіграє Закон України про екологічну експертизу. Екологічна експертиза технічних проектів вперше почала застосовуватись у 60-х роках у Великій Британії. У ФРН закон про обов'язковість екологічних експертиз прийнятий у 1990 р. Закон України передбачає проведення екологічних експертиз як проєктованих і діючих промислових і сільськогосподарських підприємств, так і окремих територій.

Міжнародне природоохоронне законодавство поки що залиша-

6889
215889
6889
215889
6889
215889
6889
215889
6889
215889

Розділ 7

ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ТА ЕКОНОМІКА

Більша частина ХХ ст. минула під гаслом безплатності природних ресурсів. Лише за останні півтора-два десятиліття почала розвиватися нова наука — *економіка природокористування* (К. Я. Контратьев та ін., 1993, В. В. Глухов та ін., 1995).

Якщо розглядати концепцію природокористування в історичному плані, то можна виділити три принципи природокористування:

а) *екстенсивне природокористування*, за якого зростання матеріального виробництва відбувається за рахунок всезростаючого навантаження на природне середовище з розширенням матеріальних об'єктів і територій, що залучаються до природокористування;

б) *інтенсивне природокористування*, коли зростання матеріального виробництва відбувається за рахунок глибшого пророблення вихідних природних об'єктів із можливо повним вилученням їхніх ресурсних можливостей;

в) *рівноважне природокористування*, за якого суспільство контролює всі сторони свого розвитку, добиваючись того, щоб під час зростання матеріального виробництва сукупне антропогенне навантаження на середовище проживання не перевищувало самовідновлювальних можливостей природних систем.

Для періоду екстенсивного природокористування, який в основному охоплював час від початку розвитку цивілізації до кінця ХІХ ст., і періоду інтенсивного природокористування, пік якого припав на ХХ ст., характерне розглядання природного середовища як невичерпного джерела ресурсів і корисностей. Звідси і впливала концепція завоювання і підкорення природи (П. Г. Олдак, 1983).

Починаючи з праць Адама Сміта і включаючи уявлення Карла Маркса сам добробут людства, як і добробут окремої особистості в економіці розглядався як синонім суспільного й особистого споживання. Відповідно до цього упродовж останнього століття стрімко зростав обсяг товарів на міжнародному ринку (табл. 7.1). Престижним вважалося підвищене споживання, воно також було критерієм особистого успіху окремої особи. Споживання стало

Таблиця 7.1. Обсяги деяких товарів на світовому ринку, млн т (або млн шт., за Д. Алленом, 1991)

Рік	Нафта	Автомобілі	Чавун	Пшениця	Добрива
1900	0,025	—	70,0	69,0	—
1920	5,6	—	80,0	105,0	—
1940	20,0	5,0	95,0	140,0	31,0
1960	125,0	16,4	336,0	250,0	62,0
1980	260,0	30,0	716,0	445,0	210,0

провідним феноменом економічного життя суспільства в ХХ ст. і лише на межі третього тисячоліття, коли почали відчутно виявлятися дефіцит ресурсів і деградація природного середовища, постала потреба перегляду політико-економічних концепцій, які можуть забезпечити стійке існування людських цивілізацій. Для цього необхідний повний перегляд економічних механізмів із виробленням нової системи міжнародних і національних цінностей. У цій новій системі цінностей на перше місце незмінно висувається право і можливість людини жити і працювати в природному середовищі, яке повністю забезпечує її існування. У третьому тисячолітті збереження стійкості природних систем повинно стати першоосновою суспільного розвитку.

В економічній оцінці ресурсів природного середовища реалізуються два підходи — витратний і рентний. **Витратний** підхід ґрунтується на обліку витрат, які виникають під час освоєння ресурсів природного середовища. **Рентний** підхід пов'язаний з обчисленням диференціальної ренти й орієнтований на доход, який отримують у разі експлуатації природних ресурсів з урахуванням їхньої якості і місцезнаходження.

Витрати на охорону природи і збереження якості природного середовища упродовж ХХ ст. безперервно зростали, однак вони завжди виявлялися меншими, ніж це потрібно для ліквідації негативних наслідків антропогенезу. Нині розвинені країни витрачають на охорону навколишнього середовища 1,5—2 % валового національного продукту. В колишньому СРСР ці витрати становили всього 0,5 %. У країнах, що розвиваються, на охорону природи витрачається 0,1—0,5 % валового національного продукту, а іноді й менше. Крім малого розміру таких витрат нерідко виявляється, що кошти витрачаються неефективно і не дають результатів.

В основу економіки природокористування, як правило, покладено оцінку ефекту від вкладання коштів у раціональне природокористування. Такий ефект виникає в разі збільшення частки в загальному обсязі виробництва екологічно якісної продукції завдяки використанню безвідходних технологій, зменшенню витрат на підготовку сировини, утилізації відходів та організації оборотного водопостачання. За роботи підприємств в умовах ринкової економіки можливе також ви-

никнення економічних збитків, пов'язаних із забрудненням природного середовища внаслідок діяльності підприємств.

Усталені економічні теорії ґрунтуються на уявленнях про витрати, прибутки, інвестиції, які або зовсім не враховують, або враховують дуже мало зовнішні ефекти виробництва, що впливають на природне середовище, і природоохоронну діяльність суспільства. Однак за останнє десятиліття стало цілком зрозуміло, що запобіжна і відновна стосовно природного середовища виробнича діяльність повинна входити як складова частина остаточної ціни виробленого продукту. Однак реалізація нових уявлень не проста. Вона, безумовно, вимагає територіальної конкретизації, оскільки природне середовище в різних природних зонах і регіонах відрізняється різною стійкістю й неоднаковою здатністю до самовідновлення. А в деяких випадках, коли виникає екологічна надзвичайна ситуація чи тим більше катастрофа, пов'язана з підприємствами промисловості чи сільського господарства, поняття прибутку повинно втрачати пріоритетне значення й екологічні цілі стають головними. Це тим більше правильно, що деякі складові природного середовища (наприклад, біологічні види) невідновлювані в разі їхньої втрати. Труднощі економіки ще більше зростають у зв'язку з тим, що ціла низка параметрів природного середовища має нематеріальний характер, не є товаром (як спів солов'я) і не може мати грошової оцінки. Тут необхідні принципово нові підходи для обчислення рентабельності виробництва.

Вимагає перегляду і концепція розширеного відтворення. Більшість економістів вважає, що характерною ознакою розширеного відтворення є величина затрат виробничих ресурсів на одиницю продукту. Якщо розширене відтворення не супроводжується зростанням продуктивності праці, коли затрати живої праці на одиницю продукції знижуються, або зростанням фондівіддачі, коли знижуються затрати минулої праці на одиницю продукції, то такий тип виробництва оцінюється як екстенсивний. Якщо в разі розширеного відтворення зростає продуктивність праці або фондівіддача, то воно класифікується як інтенсивний чинник — характер використання природних ресурсів які виступають як зовнішнє поле виробництва. Потрібно враховувати стан природного середовища як рівноправного учасника виробничого процесу. Тому як критерій розширеного відтворення повинні виступати дві ознаки: вища ефективність використання виробничих ресурсів і збереження та відтворення природних ресурсів.

Економічну ефективність природоохоронних заходів (ЕПЗ) можна обчислити за формулою

$$ЕПЗ = \Sigma \Delta Z / B,$$

де $\Sigma \Delta Z$ — сума зменшення збитку від зниження забруднення; B — приведені готові витрати на природоохоронні заходи; вони включають

вартість і вартість утримання природоохоронного обладнання та заробітну плату персоналу, який працює на ньому. Загалом

$$B = C \times K + E_n,$$

де C — поточні витрати; K — капітальні витрати; E_n — нормативний коефіцієнт ефективності, який пересічно беруть таким, що дорівнює 0,12.

Добрі результати в разі аналізу екологічних наслідків будь-якого виробництва дає метод складання матеріального балансу, розроблений П. Бертоксом і Д. Раддом (1980). У цьому разі поетапно аналізують перетворення всіх матеріалів, що беруть участь у виробництві, від сировини до кінцевої продукції. Метод дає змогу виявити характер і розміри забруднення навколишнього середовища на всіх етапах виробництва і накреслити шляхи його скорочення. Доповнений аналізом потоку енергії він дає комплексну об'єктивну картину виробництва.

Завдання подальшого вдосконалення економічних аспектів природокористування лежать насамперед у таких напрямках: а) диференційована оцінка вартості відновлюваних і невідновлюваних природних ресурсів; б) оцінка матеріальних, енергетичних і трудових витрат, необхідних для відновлення втрачених у процесі виробництва якостей природного середовища.

Економіка природокористування передбачає реалізацію таких рішень і підходів, які забезпечують збереження здоров'я людей, що входять у систему природне середовище — виробнича діяльність — людина. Згідно з пропозицією В. А. Бокова та А. В. Лущика (1998), індекс здоров'я населення можна виразити як функцію трьох змінних:

$$H = f(R, F, D),$$

де H — індекс здоров'я людини; R — індекс запасу природних ресурсів; F — індекс якості природного середовища; D — індекс рівня життя.

У свою чергу, індекс запасу природних ресурсів розглядають як зумовлений різницею між вихідним запасом природних ресурсів і обсягом їх вилучення. Індекс якості середовища прямо впливає з рівня його забруднення й обернено пропорційний до нього, тобто

$$F = 1/(1 + M),$$

де M — індекс забруднення природного середовища.

Складнішим виявляється обчислення рівня життя. В економіці його зазвичай оцінюють відношенням валового доходу, що припадає на одну людину, до максимального доходу на одну людину для всіх регіонів даної країни.

Розв'язання економічних проблем природокористування вимагає впровадження міждержавних квот на енергетичні та матеріальні

ресурси, які містить природне середовище земної кулі. Такі квоти не лише забезпечать збереження природного середовища, а й чинитимуть позитивний вплив на міждержавні соціально-політичні взаємовідносини. За оцінками фахівців, розробка таких квот займе період від 2000 до 2100 р. (табл. 7.2).

У 70-х роках у США зародилася нова форма забезпечення екологічної безпеки — екологічний аудит як система постійного поглибленого аналізу природоохоронної діяльності підприємства на добровільних засадах. Нині він поширюється в багатьох країнах. Мета аудиту — інформування керівництва підприємства про вплив технологічних процесів на навколишнє середовище та про економічне забезпечення заходів щодо захисту середовища проживання. Важливою особливістю аудиту є його відкритість для широкої громадськості. Разове цільове аудитування ставить за мету розробку заходів щодо відновлення раніше забруднених зон.

Проводять екологічне аудитування спеціально підготовлені експерти. Особливістю аудитування є повна незалежність від аудиторської діяльності. Ця система ефективна лише в разі повної неупередженості та об'єктивності аудиторів, що поєднуються з їхньою високою кваліфікацією.

Таблиця 7.2. Приблизні терміни впровадження міжнародних квот на матеріальні та енергетичні ресурси

Вид квоти	Термін введення, роки
Невідновлювані енергетичні ресурси	2010
Використання атмосферного кисню	2005—2015
Використання атмосферного азоту для виробництва азотних добрив і нітратної кислоти	2150
Викидання в атмосферу вуглекислого газу	2020
Викидання в атмосферу оксидів сірки та інших речовин, що спричиняють випадання кислотних дощів	1995—2005
Викидання в атмосферу речовин, що руйнують озоновий екран	1995—2010
Скидання відходів виробництва в континентальні водойми і Світовий океан	2000—2050
Обмеження на спорудження великих водосховищ	2100
Руйнування літосфери гірничими виробками	2100
Вирубубання лісів із скороченням їхньої загальної площі	2150
Обмеження на виловлювання морської риби та інших морських живих організмів	2000—2025
Обмеження на використання дикорослих рослин і дикої фауни	2100

У закордонних країнах усе важливішу роль в охороні природи починає відігравати екологічне страхування. Воно ґрунтується на створенні спеціальних пулів екологічного страхування (резервних фондів), виплачування яких здійснюється в разі раптових або аварійних забруднень природного середовища. Ця форма страхування зародилася в Японії, а потім поширилась і на інші країни. Нині італійський пул страхує від 748 видів ризику, а нідерландський від понад 10 тис. видів ризику.

У розвинених країнах світу виникла інноваційна форма конверсії боргів: “Debt-for-Nature-Swaps”, за якої борг купує зі знижкою громадська екологічна організація і кошти надсилають країні-боржнику для розв’язання екологічних проблем.

Антропогенне навантаження на середовище проживання в Україні надзвичайно високе. За даними А. І. Черкас (1991), втрати національного продукту в Україні внаслідок погіршення якості навколишнього середовища досягають 15—20 %. Напружена екологічна ситуація склалася в Донбасі, Північному Криму, Одеській області. Екологічна конверсія національної економіки диктується не лише моральними, а й економічними причинами.

Розділ 8

СЦЕНАРІЇ НА ХХІ СТОЛІТТЯ

Прогнози розвитку цивілізації на третє тисячоліття

Розробка прогнозів стану природного середовища на ХХІ ст. вимагає чіткого усвідомлення причин екологічної кризи в ХХ ст. У літературі неодноразово висловлювались думки, що об'єктивно звужували ту платформу, на якій розпочинався розвиток глобальної екологічної кризи (А. А. Горелов, 1985, А. А. Григор'єв, 1991). Особливо часто в екологічній кризі звинувачувались політичні системи: то соціалізм, то капіталізм з його ринковою економікою (І. Т. Фролов, 1980). Фактично в глобальну екологічну кризу приблизно однаковий внесок зробили розвинені країни і країни, що розвиваються, країни з ринковою і з плановою економікою.

Об'єктивні моделі стійкого розвитку системи людське суспільство — природне середовище можна розробити на основі розуміння дії комплексу причин. Провідну роль у цьому комплексі, безумовно, відіграли демографічний вибух і загальний технократичний тип розвитку цивілізації. Мало значення і нехтування законами екології, які стверджують, що слабкі впливи на природне середовище можуть нагромаджуватись і переростати в серйозні наслідки, що природне середовище має свій поріг стійкості. Глобальна екологічна криза — це патологія людської цивілізації і лише спільними зусиллями можна знайти шляхи виходу з екологічної кризи.

Екологічна криза має не тільки техногенні корені, вона впливає з низької екологічної культури населення. Існують, принаймні, три основні моделі формування екологічної культури, які діють поки що в середовищі загальної екологічної байдужості:

1) *антисцісмізм*, який пропонує замінити індустріальну культуру на культуру народних промислів; до цієї моделі щільно підходить енвайроменталізм, що ідеалізує примітивний спосіб життя і навіть розглядає, як це робив Д. Форман, людство як “ракову пухлину природи”;

2) *модель екологічної етики*, орієнтована на створення культури

нового типу з визнанням самоцінності навколишнього природного середовища;

3) *модель синтезу гуманістичних цінностей та екологічного імперативу*, яка, мабуть, найбільш прийнятна для більшості населення планети.

Однак найсильніше сучасне суспільство потребує екологізації. **Екологізація** — це поширення екологічних принципів і підходів на природничі та гуманітарні науки, на виробничі процеси і соціальні явища. У сфері матеріального виробництва, на думку Пура (1982), екологізація природокористування включає в себе три компоненти: а) максимальну ефективність користування ресурсами; б) відтворення ресурсів та їх охорона від вичерпання; в) найдоцільніші способи використання ресурсів.

Конкретних можливостей екологізації досить багато. У галузі виробництва це й перехід на маловідходні та безвідходні технології, бережливе витрачання невідновлюваних ресурсів, економія енергії, відновлення лісів, повне знешкодження всіх видів відходів до їх надходження в навколишнє середовище. Така зміна виробництва отримала назву *екологічної конверсії*. Екологічна конверсія необхідна для збереження і підтримання високої якості життя. Вона є умовою забезпечення невід'ємного права кожної людини на користування екологічно чистим навколишнім середовищем. Забезпечити екологізацію суспільної свідомості може лише система екологічної освіти і виховання.

Екологічна етика повинна стати основою стійкого розвитку суспільства. Про необхідність для людини перебувати в гармонії з природою писали ще класики ХІХ ст. (А. Н. Бекетов, 1876). А. Швейцер зазначав, що всі етичні системи, які розвиваються в ХХ ст., неповноцінні, оскільки розглядають лише стосунки між людьми, упускаючи найважливіший аспект — ставлення людини до природи.

У прийдешньому ХХІ ст. людству належить вирішити немало складних проблем і зробити вибір між непростими альтернативами. Найголовнішими з них є такі:

- *Пріоритет глобальних інтересів над локальними*

- *Контроль народжуваності і чисельності населення як правило для всього людства*

- *Визнання прогресивними лише ресурсозберігаючих безвідходних екологічно чистих виробництв*

- *Пріоритет локальних національно-етнічних інтересів над глобальними*

- *Вільна народжуваність з необмеженою чисельністю населення в будь-якій суверенній державі*

- *Вільний розвиток технічного прогресу*

- *Екологічна збалансованість і ландшафтна рівновага усіх регіонів земної кулі*

- *Пріоритет екологічної парадигми і концепції стійкого розвитку на ХХІ ст.*

- *Незамінність біосфери і природного середовища для існування людства*

- *Збереження біологічної різноманітності біосфери як принципу її організації*

- *Спеціалізація промисловості і зонування сільського господарства за принципом отримання найдешевшої продукції в оптимальних для цього районах*

- *Пріоритет споживачтва й особистих інтересів*

- *Можливість ліквідації біосфери із заміною її на штучно створену техносферу*

- *Різке скорочення біологічної різноманітності в біосфері з конструюванням біомів з невеликого числа утилітарно корисних для людини видів*

Згідно з поглядами Б. М. Миркіна (1995), людське суспільство прийшло до трьох основних моделей екологічного світогляду: а) *сцісцитизму*, який стверджує принципову вирішуваність проблем екологічної кризи на основі пізнання і керованості світу; б) *алармізму*, що виходить із неминучості екологічних криз із кінцевим можливим вимиранням людства; в) *екологічного оптимізму*, який займає компромісну позицію і допускає досягнення стійкого розвитку та екологічної безпеки. Умовою виживання людства є вибір на користь екологізації суспільної свідомості та екологічної конверсії сільськогосподарського і промислового виробництва.

Цивілізація може існувати лише в екологічній рівновазі з природним середовищем. При цьому під *екологічною рівновагою* потрібно розуміти баланс природних і антропогенних процесів, що забезпечує збереження оптимального природного середовища упродовж необмежено тривалого часу.

Вихід із стану екологічної кризи, що загрожує повним руйнуванням природного середовища, можливий лише в разі вирішення комплексу соціальних, економічних і технологічних проблем на основі концепції екологічної конверсії виробництва, яка відкриває найреальніший шлях до загальної екологічної рівноваги. Метою екологічної конверсії, як одного з компонентів, що забезпечує екологічну рівновагу природокористування, є досягнення екологічної рівноваги в регіональних, а далі і в глобальному масштабі. Слід мати на увазі, що екологічна конверсія не панацея, а лише один з елементів загальної екологізації цивілізації.

Підходи людського суспільства до вирішення комплексу проблем екологізації соціальних і виробничих процесів іноді називають *екологічною революцією*, під якою, за визначенням Л. Брауна (1992), розуміють “переведення світової економіки на екологічно стійкий шлях розвитку, що забезпечує захист економіки, більш здоровий спосіб життя й поліпшення умов існування людини на землі”.

Комплекс елементів, які включає процес загальної екологізації цивілізації, дуже великий. У нього входять: а) регулювання чисельності населення; б) екологічно обгрунтований розподіл населення по регіонах планети, орієнтований на усунення локальних перенаселень і антропогенних перевантажень; в) екологічна конверсія усіх видів виробництва; г) пошук нових видів ресурсів та економне витрачання традиційних ресурсів і енергії. Вугілля і нафту потрібно використовувати в основному як хімічну сировину, а не як паливо. Екологічний імператив вимагає відновлення і створення умов для самопідтримування біологічних ресурсів, з якими людство пов’язане найтісніше. Отримувану біомасу потрібно використовувати повніше, ніж нині.

Шлях до екологічної рівноваги в системі природне середовище — людське суспільство вимагає поєднання рішень різного типу. В разі створення явно нерівноважних систем, які мають високу відходність виробництва (це в основному промислові підприємства), необхідне повне відмежування від них сусідніх природних угруповань та агроєкосистем. Такі підприємства повинні мати лише один “вхід” для споживаних ресурсів і один “вихід” для готової продукції.

Там, де це тільки можливо, потрібно перетворювати нерівноважні системи на екологічно рівноважні (це переважно агроєкосистеми). Одночасно людству доводиться брати на себе турботу про підтримування природної екологічної рівноваги в тих екосистемах, які її поки ще зберегли (це природні екосистеми), за рахунок раціоналізації користування чи повної охорони (заповідники і національні парки).

Конкретні форми екологічної конверсії виробництва залежать від його типу, але загалом вони включають:

- 1) перехід на безвідходні і маловідходні технології в промисловості і сільському господарстві;
- 2) раціональне використання енергії та енергетичних ресурсів;
- 3) отримання енергії за рахунок спалювання природного газу, впровадження альтернативних способів отримання енергії;
- 4) рекуперацію теплоти, тобто уловлювання і використання теплоти, що утворюється в процесі виробництва;
- 5) рекомпресію пари, що не допускає її викидання в навколишнє середовище;
- 6) максимальний перехід на “холодні” технології;

7) поглинання і зв'язування вуглекислого газу, що утворюється в процесі виробництва;

8) біологізацію та екологізацію сільського господарства.

На найближче майбутнє доводиться визнати, що зелені рослини з їх фотосинтезом залишаються першовиробниками органічної речовини за рахунок використання потоку сонячної радіації. Величина сонячної енергії, яка зв'язується під час фотосинтезу, становить понад 840 трлн кіловат-годин, що незіставно більше від тієї кількості енергії, яку отримують від атомної, гідро- і паливної енергетики разом взятих. Однак за подальшого розвитку цивілізації слід відштовхуватись від обмеженої за своєю природою кількості усіх видів ресурсів, яких потребує людство (Б. Скіннер, 1989). Активна робота за цими напрямками всього цивілізованого людства необхідна для створення глобальної екологічної безпеки.

Перешкоджати деградації природного середовища можуть і зовсім прості рішення. Д. Хайєс (1990), один із керівників проведення Дня планети у США, у статті "Зелене десятиліття" пропонував: а) збільшити ціни на бензин, щоб стимулювати розвиток громадського транспорту; б) для поїздок якомога більше використовувати велосипеди, реконструювавши відповідним чином проїзну частину шляхів; в) відмовитись від поділу міст на спальні та виробничо-адміністративні райони, максимально наблизивши місце проживання до місця роботи; г) ретельно утеплювати житлові приміщення і тепло-траси; д) економно використовувати воду, газ, електроенергію; е) сортувати побутові і виробничі відходи; є) повністю перейти на тару багаторазового використання. Це справді просто і доступно. Потрібно лише мати бажання і внутрішню переконаність у доцільності дотримання таких рекомендацій.

Труднощі передбачення розвитку стану природного середовища на ХХІ ст. пов'язані з низькою прогностичною здатністю екології. У природному середовищі більшу роль відіграють суто стохастичні, випадкові події.

Біосфера з її біотою і біогеохімічними циклами організована дуже складно, і на різних її рівнях виникають якісно нові ефекти. Все це робить стандартні методи моделювання мало придатними для оцінювання розвитку тих чи інших процесів. Однак загальні тенденції розвитку природного середовища на земній кулі можна намітити з досить великим ступенем вірогідності (В. І. Котляров та ін., 1991, Х. Байнхауер, Е. Шмакке, 1993, В. А. Зубаков, 1995).

Екологічна криза кінця ХХ ст. виявилась наслідком спряженої дії багатьох чинників. Тому простих шляхів виходу з неї немає, хоча варіантів розв'язання кризової ситуації розглядають немало. Основні з них наведено нижче.

Сценарій 1

Перший сценарій орієнтований головним чином на *контроль демографічних процесів* у формі обмеження народжуваності. Цей сценарій дуже важливий. Адже якщо все людство за розміром споживання зберігатиме прагнення досягнути американського стандарту життя, то всі ресурси планети вичерпаються за найближчі 50 років.

Поняття “*місткості виживання*” — як гранично допустимої чисельності населення, яка відповідає екологічним нормативам раціонального природокористування та охорони природи (Б. М. Миркін, 1997) і поняття продовольчої безпеки залишаються мало розробленими. Усвідомлення необхідності самообмеження — найголовніше соціальне і моральне завдання сучасного суспільства. Кінець ХХ ст. приніс планеті нове явище — це екологічні біженці. Масовий вплив населення почав спостерігатися з районів екологічних катастроф: Приаралля, Чорнобильської зони та ін. Це також свідчить про вузлове положення демографічної проблеми у знятті екологічної кризи.

Сценарій 2

Другий сценарій спрямований на *докорінне перетворення менталітету людства*, формування біосферної етики, екологічну конверсію всіх форм промислового і сільськогосподарського виробництва. Це найпопулярніший підхід, у сфері якого працювали Дж. Форрестер, Д. Медоуз, М. Месарович, В. Леонтьєв, Д. Габор та ін. У моделях такого роду головний наголос робився на розумне скорочення використання ресурсів, допомогу країнам, що розвиваються, з боку розвинених у розмірі не менш ніж 1 % валового доходу для екологізації промисловості і сільського господарства, загальне скорочення енергоспоживання в разі переходу на альтернативні джерела енергії.

Сценарій 3

Є й третя альтернатива — *створення* замість біосфери, що деградує, нової оболонки життя — *техносфери*. Технократичні утопісти вбачають вихід із кризи у прискоренні розвитку технічних компонентів цивілізації. Прибічники цього підходу вважають, що технократичний шлях розвитку ввергнув планету в екологічну кризу, отже він з неї її і виведе. Крайні технократи, такі як Ю. П. Селіверстов (1994), взагалі заперечують наявність глобальної екологічної кризи, стверджуючи, що феномени, які простежуються у природному середовищі, перебувають у межах звичайних його флуктуацій. А. Д. Сахаров (1974) у статті “Світ через півстоліття” пропонував розділити територію планети на робочі і заповідні зони і вважав, що робочі зони, займаючи лише 30 % суходолу, зможуть забезпечити всі потреби людства, тундра

і пустеля завдяки атомній енергетиці перетворюється на квітучий сад. Прибічники технократичного мислення пропонують, наприклад, знизити сільськогосподарський антропогенез шляхом заміни бавовнику на синтетичні волокна, промисловий антропогенез — заміною металів на пластмаси.

Нині є урядові і громадські сили, які продовжують дотримуватись стратегії технократичного розвитку суспільства. У США, наприклад, вони об'єднані в межах руху "За раціональне природокористування", який є "антизеленим" і критикує законодавство в галузі охорони навколишнього середовища за те, що воно нібито перешкоджає розвитку приватних ініціатив.

Однак шлях перетворення природного середовища сучасної біосфери на штучну техносферу ілюзорний. За підрахунками В. Горшкова (1989), у техносфері на стабілізацію навколишнього середовища засобами техніки витратиметься 99 % енергетичних і трудових ресурсів людства. На підтримання і розвиток самої цивілізації залишиться всього 1 %. За такого співвідношення витрат людство не зможе існувати.

Сценарій 4

Деякі вчені для вирішення екологічних проблем висувають і четверту, ще більш гіпотетичну альтернативу — *освоєння Космосу* (Дж. Аллен, М. Нільсон, 1991). Розглядається можливість створення штучних біосфер на Марсі і Венері. Висунуто проект розвитку промислових виробництв на стаціонарних супутниках Землі й на Місяці з винесенням туди насамперед екологічно брудних виробництв. Однак усі проекти, орієнтовані на позаземні території як екологічний резерв земної цивілізації, не обґрунтовані фактичними розрахунками достатності ресурсів та енергетичних можливостей Землі. Сьогодні проекти такого роду доводиться розглядати швидше як гарну фантазію, а не як реальний шлях розвитку цивілізації.

Сценарій 5

Як один із шляхів розвитку цивілізації можна собі уявити і *повне відтворення вихідного*, не зіпсованого антропогенними впливами *природного середовища*, в якому людство після певної "біологізації" буде благоденствувати. Такий шлях, на думку прибічників цього сценарію, дасть змогу повністю повернутися до гармонії відносин людина — природне середовище, характерної для доіндустріального етапу розвитку цивілізації.

Засновником вчення "назад до природи" є Ж. Ж. Руссо. К. Стоун і А. Леопольд заснували *енвайронменталізм*, як більш сучасний варіант уявлень Ж. Ж. Руссо. П. Берг і Р. Дасманн — заснували *біорегіоналізм*, що спирався на зв'язок природних і культурних чинників. Існує

особлива течія “глибока екологія” (Б. Диволл, А. Дренгсон, В. Фокс, А. Наес), яка впливає з того, що технічний прогрес неодмінно руйнує природне середовище і збереження біосфери можливе лише шляхом відмови від технологічних досягнень і технічного прогресу. Однак усі ці течії не враховують реалій життя. Людство не зможе і не захоче рухатись назад. Розвиток цивілізації потрібно орієнтувати не на гасло “назад до природи”, а на рух вперед до екологічного господарювання.

У всіх п'яти сценаріях, безумовно, є зерно істини, однак людська цивілізація навряд чи зможе і буде прямувати за будь-яким із кардинальних сценаріїв розвитку, що потребує різкої зміни менталітету і стилю життя. У зв'язку з цим Д. Тірпак (1991) вважав реальними лише дві вірогідні моделі виходу з екологічної кризи. Одна відповідає світу, що повільно змінюється, в якому тривають наростання деградації природного середовища й небезпечне загострення на цьому ґрунті соціальних протиріч, друга — швидко змінному світу з форсованою екологічною конверсією усіх виробництв і регулюванням народжуваності. Обидві ці моделі лежать у межах уявлень Б. М. Миркіна та Л. Г. Наумової (1993) про “розумні дії” людства, під якими вони розуміють “такий варіант відносин людини і природи, коли він не замінює природних механізмів, що виникають за тривалу історію розвитку біосфери, на принципово нові, а нібито вбудовується в ці складні біосферні закономірності, нормуючи свій вплив так, щоб не порушити початкового порядку речей і не позбавити біосферу здатності реагувати на впливи людини відповідно до принципу Ле Шательє”. Більш песимістичним був М. М. Мойсеєв (1995), який вважав, що “екологічні кризи неодмінні”, оскільки породжуються “неузгодженістю зростаючих потреб зростаючого населення з можливістю їх задоволення”.

Жодного відстрочування у прийнятті рішень природа не дає. Людство ХХІ ст. отримує природне середовище, що перебуває в нерівноважному, нестійкому стані. Зрозуміти природу екологічної кризи загалом за окремими її виявами і винести уроки з допущених прорахунків розвитку, скоригувати розвиток економіки, політики і культури — основні завдання, які належить вирішувати усім людям планети, інакше екологічна криза переросте у незворотну екологічну катастрофу з повним руйнуванням природного середовища.

Екологічна конверсія

У першому наближенні **екологічну конверсію** можна визначити як глибоку трансформацію промислового і сільськогосподарського виробництва на основі вимог екологічного імперативу. Однак фактично екологічна конверсія може здійснюватись лише в разі

готовності суспільства до сприйняття ідеї необхідності такої конверсії і тому поняття екологічної конверсії доводиться включати у сферу соціально-духовного життя суспільства та його економіку.

Під час розгляду можливих сценаріїв розвитку цивілізації на початок третього тисячоліття видно, що до сприйняття й реалізації багатьох стратегічних напрямів, які висувують перелічені вище сценарії, суспільство не готове або економічно, або за ідейно-політичними чи релігійними мотивами. Отже, екологічна конверсія у сфері матеріально-енергетичного виробництва виявляється нині найдоступнішим сценарієм розвитку суспільства.

Центральною ідеєю екологічної конверсії є ідея про екологічну безпеку як на рівні населення планети загалом, так і на рівні окремих особистостей. Збереження природного середовища виявляється наприкінці ХХ ст. першою і найважливішою умовою суспільного й особистого процвітання та благополуччя. Керування екологічним благополуччям у зв'язку з цим пов'язане з механізмами збереження якості планетарного природного середовища. Складовими цих механізмів можуть бути технологічні, економічні і політичні важелі. При цьому важливим виявляється комплексне, узгоджене використання всіх складових екологічної конверсії як умова її реалізації.

Екологічна стратегія розвитку людства в перші роки третього тисячоліття повинна бути спрямована на регулювання стану природного середовища на планетарному і державному рівнях. При цьому сам характер відносин людини і природи повинен бути якісно зміненим. Природне середовище слід розглядати не як джерело особистих і загальнолюдських благ (хоч об'єктивно воно саме таким джерелом і є), не як бездонну комору ресурсів, а як об'єктивну реальність, через яку і за посередництвом якої людина ці блага й ресурси отримує.

Природно-ресурсний та енергетичний потенціал Землі й окремих її регіонів обмежений і конечний — це головний висновок екології кінця ХХ ст. Існує цілком визначений поріг вилучення природних ресурсів, як і певний поріг для скидання у природне середовище відходів цивілізації. Особливістю природного середовища є його обмежна буферність, причому в разі взаємодії з природним середовищем заходи щодо запобігання його деградації ефективніші й економічно вигідніші, ніж роботи по відновленню вже втрачених його якостей. Екологія цілком довела, що в природному середовищі відбувається додавання й кумулювання малих негативних дій з наступними “несподіванками” і серйозними екологічними катастрофами.

Конкретними завданнями, які належить розв'язати, реалізуючи стратегію екологічної конверсії, є десять принципових положень — сфер діяльності, перелічені нижче.

1. Планомірна заміна в промисловості і сільському господарстві існуючих технологій на безвідходні і маловідходні з повною утилізацією та знезараженням усіх видів відходів. Організація переважної більшості виробництв за замкненими схемами з повним рециклінгом усіх матеріалів. Використання всіх видів відходів як вторинної сировини для суміжних виробництв.

2. Докорінна перебудова енергетики, промислового і сільського господарства. До енергетичних ресурсів невідновлюваного характеру насамперед потрібно застосовувати політику активного збереження. У структурі економіки повинна планомірно зростати роль нетрадиційних джерел енергії, що ґрунтуються на невичерпних її джерелах (потік сонячної радіації, вітер, геотермальна теплота, припливно-відпливні рухи океанічної води тощо).

3. У реалізації вимог екологічного імперативу в сфері матеріального виробництва та енергетики вирішальну роль можуть відігравати економічні механізми. Необхідні жорсткі внутрішньодержавні і міждержавні квоти на всі види ресурсів природного середовища, потрібне екологічне оподаткування, що відповідає реальним наслідкам впливу матеріально-енергетичного виробництва на природне середовище.

4. У сфері сільськогосподарського виробництва на перший план висувається його загальна біологізація з переходом на альтернативні системи землеробства, з різким обмеженням використання мінеральних добрив і пестицидів. Біологічні методи відновлення родючості ґрунтів, боротьби з шкідниками, бур'янами і хворобами повинні стати у сільськогосподарському виробництві головними напрямками стратегічного розвитку. У цій сфері, й особливо у тваринництві, повинна бути постійно забезпечена безвідходність виробництва, тим більше, що такі методи вже є і вони апробовані.

5. Екологічна конверсія повинна в повному обсязі зачепити і транспортну систему планети. Головним тут є використання екологічно чистого і безвідходного палива, захист населення від шуму, розробка нових видів транспортних засобів.

6. Суспільство, реалізуючи довготривалу програму екологічної конверсії, повинне знайти в собі сили і розум для цивілізованого розв'язання демографічної проблеми на основі розуміння обмеженої місткості природного середовища для людського суспільства. Необхідні розробка і впровадження міжнародної програми депопуляції на основі справедливих, пропорційних квот. Це найважливіша частина екологічної конверсії цивілізації, але, здається, і найважливіша її частина. У разі збереження сучасного типу матеріально-енергетичного господарювання людство не зможе вижити, не знизивши свою чисельність до 1,5—2,0 млрд чоловік. В разі повної реалізації програми екологічної конверсії можливе підвищення місткості природного середовища стосовно суспільства, що складається з *Homo ecologicus*, до 3—5 млрд чоловік.

7. У програму екологічної конверсії неодмінно повинна ввійти тактика дезурбанізації, оскільки зростаючі і такі, що перетворюються на мегаполіси, міста, виявляються центрами активного руйнування природного середовища, зосередженням ідеології споживацтва, джсерелами відходів і покидьок, які найважче піддаються утилізації. На зміну сучасним мегаполісам повинні прийти екоміста, міста-садки з докорінною зміною стилю життя, нові системи внутрішньоміського транспорту і способів отримання енергії.

8. Реалізуючи програму екологічної конверсії, людству належить змінити шкалу цінностей і сам тип розвитку цивілізації, який ґрунтуватиметься вже не на споживацьких принципах, а на розумінні того, що людина є частиною природи і її благополуччя неможливе без збереження природного середовища. Ознакою престижного особистого процвітання і процвітання окремих націй і держав повинна стати повнота реалізації принципу "розумної достатності".

9. Реалізація екологічної конверсії може бути повною і всебічною у разі створення міжнародної служби природного середовища з наділенням її широким колом повноважень стосовно усіх держав і підприємств світу. Така служба, що працює на основі сучасних комп'ютерних технологій та екологічних моделей, могла б прогнозувати розвиток системи природне середовище — людська цивілізація і коригувати просування людства у майбутнє.

10. Забезпечення на планеті соціального миру з різким скороченням чисельності армій і зменшенням обсягу озброєнь, що виробляються. Саме існування збройних сил в умовах соціальних протиріч у суспільстві створює можливість розгортання локальних військових зіткнень, що загрошують переростанням у третю світову війну з майже неодмінним тоді крахом цивілізації.

Спільне соціальне життя етносів планети поки що не сприяє реалізації екологічної конверсії виробництва і духовному життю суспільства в його повному обсязі. Факти, що свідчать про наближення глобальної екологічної кризи, кінцем якої може бути тільки колапс цивілізації, відомі, в основному, лише вченим, а політичні діячі, хоча й знайомі із загальними результатами моніторингу природного середовища, не схильні надавати їм великого значення у зв'язку із зайнятістю поточними і дуже гострими проблемами економічного і військово-політичного характеру всередині своїх держав і в міждержавних відносинах. Мабуть лише величезні аварії та екологічні катастрофи типу аварії на Чорнобильській АЕС можуть пробудити до дій у напрямі екологічної конверсії і політичних діячів, і широкі кола населення. Однак в екологічній конверсії як привідного паса до стійкого розвитку суспільства альтернативи немає.

Розділ 9

ЕКОЛОГІЧНА КРИЗА Й НОВА ЕНЕРГЕТИЧНА СТРАТЕГІЯ

Стан енергетичних ресурсів на початку третього тисячоліття

Одним із головних напрямів екологічної конверсії матеріального виробництва, що впливає з найбільш розумних сценаріїв розвитку цивілізації на третє тисячоліття, є реконструкція економіки у сфері отримання і використання ресурсів. Забезпечення енергією лежить в основі будь-якого виробництва, транспорту й організації побуту. Традиційно людство для отримання енергії користувалося лише двома джерелами. Спочатку це було спалювання деревини, а згодом викопного палива — кам'яного вугілля, а потім нафтопродуктів і газу. Їх лише частково доповнювало використання енергії проточної води. Упродовж ХХ ст. й особливо наприкінці століття основну частину енергії людству почало давати викопне паливо. За даними ООН, за період свого існування людство витратило 80—85 млрд т різnorідних горючих матеріалів, із них 40 млрд т, тобто близько половини,— за останні 25 років. У другій половині ХХ ст. з'явилася атомна енергетика — так зване плутонієве паливо, але воно дає лише малу частку енергії (табл. 9.1, рис. 9.1).

Головне невичерпне джерело енергії — потік сонячної радіації майже

Таблиця 9.1. Співвідношення кількості електроенергії, що постачалась електростанціями різних типів у країнах світу в 1992 р., %

Країна	Тип електростанції		
	АЕС	ГЕС	ТЕС
Франція	70	20	10
Німеччина	34	5	61
Японія	24	13	63
США	19	8	73
Велика Британія	21	2	77
Канада	16	61	23
Італія	0	22	78



Рис. 9.1. Структура світового енергетичного балансу



Рис. 9.2. Структура енергетичного балансу України

не використовується. В дуже малих масштабах поки що використовується енергія таких невичерпних джерел енергії як вітер, припливи та ін.

Динаміка наростання світового використання енергоресурсів упродовж XX ст. була дуже високою і характеризувалася такими даними (1 т умовного палива прийнята такою, що дорівнює енергії 1 т кам'яного вугілля):

- 1900—1925 рр. — 30 млрд т умовного палива;
- 1926—1950 рр. — 50 млрд т умовного палива;
- 1951—1975 рр. — 50 млрд т умовного палива;
- 1976—2000 рр. — 350—450 млрд т умовного палива.

Україні властиві такі самі проблеми отримання енергії, які стоять і перед іншими державами світу. Структура її енергетичних ресурсів наведена на рис. 9.2. До 1986 р. пріоритет в Україні віддавався розвитку атомної енергетики і її частка в загальному енергозабезпеченні України досягала 17,3 %. Після Чорнобильської аварії розвиток енергетики більшою мірою почав спиратися на теплові електростанції, в тім числі ті, що працюють на природному газі.

Система енергопостачання, що склалася упродовж XX ст., сприяє загостренню екологічної кризи, оскільки значною мірою саме отримання енергії (в тім числі і робота транспорту) робить найбільший внесок у розвиток парникового ефекту і вимирання лісів від кислотних дощів. Зокрема, енергетика робить найбільший внесок в антропогенні викиди в атмосферу оксидів азоту і сірки (табл. 9.2). У сукупності вони формують 70—80 % атмосферних забруднень цього типу: 95 % оксидів сірки потрапляє в атмосферу внаслідок спалювання пального, що містить сірку, і 90 % оксидів азоту як результат самого процесу спалювання (особливо в разі низькотемпературного спалювання).

Для сучасної енергетики характерне орієнтування на все більше виробництво і споживання електроенергії. Вона легше транс-

Таблиця 9.2. Внески виробників і споживачів енергії в атмосферне забруднення, % загальних антропогенних викидів

Джерело	Оксиди сірки	Оксиди азоту
Електростанції		
і котельні	62	28
Транспорт	45	4
Побутові прилади	9	4

портується на великі відстані й “екологічно чиста” в місцях споживання. При цьому ігнорується та обставина, що трансформування енергії лінією первинна енергія → теплова енергія → електроенергія → споживач призводить до втрати значної частини первинної енергії і не знімає проблему антропогенного забруднення природного середовища, а лише переносить її в інше місце. Власне отримання електроенергії створює більше екологічних

забруднень, ніж робота теплових котелень. З цього погляду використання електроенергії для обігрівання приміщень і отримання теплоти в технологічних процесах марнотратне й екологічно неприпустиме. Під час порівняльного розрахунку для умов Швеції виявилось, що для опалення взимку стандартної квартири необхідно в разі прямого отримання теплоти 47 тис. кВт·год умовних одиниць, а для опалення електронагрівними приладами — 100 тис. кВт·год, що супроводжується утворенням додатково 187 кг оксиду сірки (IV), який викидається в атмосферу. Аналогічно ефективніше порівняно з електроплитами використовувати в побуті газові плити. Для доведення до кипіння 0,5 л води на електричній плиті потрібно 440 Вт·год енергії, а на газовій — лише 128 Вт·год. Якщо ж порівняти екологічні наслідки, то використання газу порівняно з електричною енергією ще вигідніше.

Зростання споживання невідновлюваних енергоносіїв ставить людство перед важкою проблемою вичерпання їхніх запасів. Так, за сучасних темпів споживання розвіданих запасів нафти людству вистачить усього на 100 років, а вугілля — на 300 років. Однак споживання енергії в індустріалізованому світі швидко зростає. В розрахунку на 1 людину воно характеризується такими показниками: 1910 р. — 1 т, 1950 р. — 1,4 т, 1970 р. — 2,5 т, 1990 р. — 2,7 т умовного палива. Загальна величина споживаної енергії у первісної людини не перевищувала 8 мДж/добу, а в сучасної дорівнює 1 Дж/добу, що еквівалентно спалюванню 2,7 т вугілля. Сумарно сучасне людство споживає 10 млрд т умовного палива за рік, з них 35 % попередньо перетворюють на електроенергію.

Як видобуток енергетичних ресурсів, так і їх використання відрізняються високим марнотратством. В колишньому СРСР втрати енергії оцінювались у 10 % загальної її кількості. У Західному Сибіру до 1991 р. щорічно втрачалось 2 % видобутої нафти, а це 10 млн т. Як наслідок, лише на Тюменській півночі виведено з ладу 7,2 млн га

оленячих пасовиськ, і виробництво м'яса оленя зменшилось більш ніж вдвічі. Під час спорудження Братської ГЕС було затоплено ліси із запасом деревини 40 млн м³. За її сучасної вартості 33 умовних одиниць на 1 м³ це становить втрату 1,3 млрд умовних одиниць. До виходу з ладу великих площ призводить видобуток бурого вугілля відкритим способом. Найчастіше при цьому доводиться попередньо відводити ґрунтові води, що збільшує антропогенне навантаження на природне середовище.

Винятково великі непродуктивні витрати енергії навіть у таких високорозвинених країнах як Німеччина. Так, за станом на 1984 р. енергетичні витрати у цій країні були такими:

- сукупна первинна енергія нафти, вугілля, газу та урану — 350 млн т умовного палива;
- отримано вторинної енергії — 246 млн т умовного палива;
- витрачено у промисловості, на транспорті, в побуті — 111 млн т умовного палива;
- витрачено на хімічну переробку — 26 млн т умовного палива;
- витрати, пов'язані з перетворенням енергії та неефективними технологіями, — 239 млн т умовного палива.

Отже, ефективність використання енергоносіїв виявляється дуже низькою і становить близько 45 % від отриманої (тобто чистої) енергії або лише 32 % від первинної енергії, що міститься в енергоносіях. Безумовно, тут є великий резерв як для розвитку економіки, так і для збереження природного середовища.

Складність екологічних та економічних проблем промислової енергетики привела багато держав до орієнтування на атомні електростанції як головну форму отримання великих кількостей енергії. Однак з'ясувалося, що атомна енергетика має свої проблеми. Електроенергія, яку отримують на АЕС, не така вже й дешева, як інколи думають. Якщо врахувати всі витрати, в тім числі і збитки, заподіяні від втрати землі й до ліквідації відходів, то, за підрахунками Ю. І. Корякіна (1990), для всіх АЕС колишнього СРСР вони становили 215 млрд крб., в той час як електроенергії до 1990 р. на АЕС вироблено лише на 10 млрд крб.

Тенденція до масового переходу на атомну енергетику значною мірою пов'язувалась з нібито виявленим вичерпуванням традиційних енергоресурсів — кам'яного вугілля, нафти і газу. Стосовно цього корисно розрізняти поняття резерви і ресурси. **Резервами в енергетиці** прийнято називати виявлені запаси енергоносіїв з досить точною оцінкою їх потенційної кількості. Так, виявлений резерв сирої нафти за станом на 1995 р. оцінювався в 90 млрд т, і при щорічній витраті його 2,8 млрд т цієї кількості може вистачити всього на 30—40 років. На відміну від цього під **енергетичними ресурсами** розуміють сумарні запаси природного палива, наявність яких вірогідно встановлена, але

технологія виймання і використання ще не розроблена. Для нафти цей ресурс виявляється таким, що дорівнює 300 млрд т, а з урахуванням можливого її добування з бітумінозних сланців і нафтоносних пісків — 750 млрд т. Таких ресурсів людству вистачить на досить віддалене майбутнє (за сучасних обсягів споживання нафти не менш ніж на 300 років, кам'яного вугілля на 2000 років) і передчасне прискорення використання поки що мало розроблених з погляду безпеки атомних джерел енергії виявляється пов'язаним лише з технократичним типом розвитку цивілізації і зовсім не спричинюється потребою в додатковій енергії.

Характеристика сучасних джерел енергії

До кінця ХХ ст. основою енергетики у світовій економіці стали кам'яне вугілля, нафтопродукти і газ, тобто невідновлювані джерела енергії. Екологічний імператив вимагає переходу на використання відновлюваних і невичерпних енергетичних джерел, які іноді називають **нетрадиційними**, зараховуючи до них атомну, припливно-відпливну, водневу та інші подібні типи енергетики. Фактично екологічний статус різних форм нетрадиційних і традиційних енергетичних ресурсів не однаковий.

Атомна енергетика. Атомні електростанції мають чимало очевидних переваг: займають малі площі, маловідходні, в них немає безпосередніх викидів пилу, вуглекислого газу, оксидів сірки, азоту тощо. Паливо, на якому вони працюють, має високу енергетичну цінність (теплотворну здатність), властивості бридинга, тобто відтворюється у процесі роботи АЕС. За станом на 1990 р. у світі працювало 430 ядерних реакторів, які виробляли близько 400 МВт енергії. Ю. Б. Харитон писав, що атомна енергетика — це магістральний шлях розвитку людства, а У. Маршал (1991) стверджував, що атомна енергетика має різнобічні переваги перед усіма іншими способами отримання енергії.

Однак в атомній енергетиці є чимало вразливих місць, а прибічники атомної енергетики нерідко схильні камуфлювати екологічні небезпеки, які породжують АЕС. Для цього обговорюється екологія лише діючих АЕС і не згадується, що видобуток урану, його переробка і транспортування, а потім знезараження і захоронення радіоактивних відходів є ахіллесовою п'ятою атомної енергетики. Саме на цих технологічних етапах відбувається масоване радіоактивне забруднення навколишнього середовища. Для збагачення ядерного палива витрачається чимало енергії, а процес супроводжується викидами вуглекислого газу.

Сучасні технології поки що не можуть забезпечити 100 %-го вигорання ядерного палива. ККД сучасних АЕС за випалюванням палива становить усього 30—40 %. АЕС потужністю 1000 МВт за рік

споживає 30 т урану і дає як відходи 300 кг плутонію і 1100 кг інших радіоактивних, здатних розщеплюватись речовин. Лише у США вже нагромадилось 20 тис. т радіоактивних відходів. Досі ще не розроблені способи їхнього знешкодження. В цьому полягає головна небезпека АЕС, хоча широкі маси населення вбачають її лише в можливих аваріях. Під час роботи АЕС вилучається досить багато води. АЕС устатковані потужними градирнями, в яких відбувається конденсація пари, в ході цього процесу до 70 % вироблюваної теплоти розсіюється в навколишнє середовище. Відбуваються й експлуатаційні радіоактивні викиди. На Чорнобильській АЕС вони становили 4 тис. Кі/добу. Це небагато, однак за роки й десятиліття територія навколо будь-якої АЕС неодмінно забруднюється радіонуклідами.

Відходи АЕС по суті створюють більші небезпеки для людства, ніж окремі аварії на них. Регенерація відходів АЕС та їх повне знешкодження технологічно досі не вирішена. Для захоронення радіоактивних відходів АЕС використовують мідні контейнери, куди завантажують матеріали, які вилучаються, попередньо сплавлені зі склом або керамікою. Ці контейнери вміщують у глибокі свердловини або на дно моря. Такий спосіб явно має не вічний характер, за рахунок корозії і дифузії радіоактивні речовини рано чи пізно потрапляють у навколишнє середовище. Проблему доведеться вирішувати нашим нащадкам.

Не виключена й аварійність на АЕС, навіть за самих надійних їхніх конструкцій. Так, у 1975 р. в спеціальному “Дослідженні Расмуссена” було зазначено, що розплав ядерних тепловидільних елементів на американських АЕС може статися лише один раз за 10 000 років. Здавалося б, мізерний ризик, але рівно через чотири роки після опублікування цього прогнозу такий розплав відбувся на АЕС у Гаррисберзі (США) і лише завдяки титанічним зусиллям персоналу не відбулася катастрофа типу Чорнобильської. Аварія на Три-Майл-Айлендській АЕС (США), коли внаслідок механічних неполадок припинилася подача охолоджувальної води, призвела до того, що довелося 150 тис. літрів зараженої води скинути в річку, а пару з радіоактивними газами об’ємом 28 м³ — випустити в атмосферу.

Військові дії НАТО в Югославії виявили ще одну небезпеку атомної енергетики: в цій країні працює велика АЕС і достатньо одній ракеті випадково потрапити в реакторний блок, щоб радіоактивний викид вкрив майже всю Західну Європу і Середземномор’я — колиску цивілізації. Атомна енергетика, так званий “мирний атом” і війни несумісні.

Очевидно, що людству в майбутньому не обійтися без атомної енергетики, але в її основу повинні бути покладені принципово нові технології, що забезпечують більш високий рівень екологічної безпеки.

Можливо АЕС отримають нове життя, коли вдасться від реакторів, які працюють за рахунок розщеплення ядер атомів, перейти до термоядерних установок, що отримують енергію за рахунок синтезу з нуклідів водню (дейтерію і тритію) атомів гелію. Теоретично така можливість доведена, але практично її поки що реалізувати не вдається.

Гідроенергетика. ГЕС виводять із ладу великі земельні ділянки, цінні в сільськогосподарському виробництві. За 70 років існування СРСР під водосховища ГЕС було зайнято 7 млн га земель, у тім числі 3 млн га сільськогосподарських. Наприклад, спорудження гребель на Дніпрі призвело до втрати величезних територій заплавних високородючих земель.

Величезних збитків природі усіх країн завдали ГЕС нового покоління. Так, у Канаді в 1985 р. розпочалася реалізація великого проекту щодо створення серії ГЕС з перетворенням стоку 19 річок і спорудженням 27 великих водосховищ. Уже перші підсумки довели, що проект спричинив загибель тисяч оленів карибу, оскільки було затоплено місця їхнього отелення, створилася загроза загибелі багатьох видів риб. Не випадково нині проти цього проекту протестують багато які природоохоронні рухи.

Однак екологічно ГЕС є чистими і маловідходними. Джерело енергії, яке вони використовують, — проточна вода за характером є невичерпним. Позитивна оцінка ГЕС тим більш змістовна, що можливе подолання їхніх недоліків. Замість високонапірних руслових ГЕС потрібно збільшити число створів і створити систему малих ГЕС, що знизить площі затоплюваних земель у 3—4 рази. За швидкості течії річок понад 1 м/с потрібно користуватися заглибленими пристроями, що працюють від кінетичної енергії проточної води.

Майбутній розвиток гідроенергетики, очевидно, повинен ґрунтуватися не на ГЕС-гігантах, а спиратися на енергію численних малих річок із спорудженням серії порівняно дрібних гідроелектростанцій.

Теплові електростанції (ТЕС) працюють на викопному паливі і забруднюють навколишнє середовище більш ніж інші. Виробництво енергії на ТЕС екологічно є найбруднішим: спалювання 1 т кам'яного вугілля призводить до утворення 1,5 кг оксидів азоту, 9 кг оксиду вуглецю (IV) і 13 кг оксидів сірки. Великі ТЕС скидають до 90 м³/с теплої води. Однак можливості зменшення екологічних збитків від них великі, оскільки паливо можна готувати до спалювання, збагачувати, очищати від сірки. Так, на ринок ЄС з 2000 р. планують допускати лише паливо, що містить менше 1,5—2 % сірки. П'ять країн Європи (Данія, Норвегія, Швеція, Люксембург і Німеччина) вже нині дозволяють спалювати паливо, яке містить не більш ніж 1 % сірки.

Взагалі в майбутньому, безумовно, доведеться відмовитись від

прямого спалювання кам'яного вугілля. Його доцільніше попередньо газифікувати, що робить безпечними продукти згоряння і дає змогу отримувати корисні матеріали: смоли, мастила, аміак, сірку.

Вітрові електростанції (ВЕС) екологічно чисті і дають дешеву енергію. Їх ідея не нова. Перший проект промислової ВЕС на 12 МВт розробив Ю. В. Кіндратюк ще в 1932 р. Перша вітрова електростанція потужністю 100 кВт була запущена в Криму у 1931 р. Вона працювала до 1942 р. На сучасних ВЕС у Данії вартість 1 кВт енергії зіставна з вартістю енергії, яка отримується на електростанціях, що працюють на вугіллі, і нижча, ніж на електростанціях, що працюють на нафтовому паливі. Досить великі ВЕС займають великі площі, дуже шумні, створюють радіоперешкоди і небезпечні для птахів. Хоча прямих зіткнень птахів з ними мало, але ВЕС створюють сильний шум і турбують тварин на місцях гніздування. Ці перешкоди особливо істотні. Оскільки птахи і вітрові електростанції віддають перевагу одним і тим самим місцям — узбережжям і плоским низовинам. Однак ці негативні моменти справедливі лише для великих ВЕС потужністю 3—10 МВт. Невеликі ВЕС потужністю 15—250 кВт практично позбавлені цих недоліків, і на них значною мірою повинен спиратися майбутній розвиток цієї лінії енергетики.

Екологічні збитки від ВЕС порівняно з іншими джерелами енергії мінімальні. Не випадково в Данії на 1984 р. діяло понад 1000 таких установок із сумарною потужністю 50 МВт. У США лише в одному штаті Каліфорнія налічується 15 тис. ВЕС.

Сонячні електростанції (СЕС), що використовують невичерпне джерело енергії — сонячну радіацію, — мають чималі перспективи. Хоча вони займають великі площі (для електростанції потужністю 1000 МВт потрібна площа 35 км²) і матеріаломісткі, однак у процесі експлуатації СЕС екологічно найчистіші. Вони не мають рухомих частин, довговічні, не створюють небезпечних відходів.

Певні труднощі тут пов'язані з тим, що пік виробництва енергії не збігається з піком її споживання і потрібні потужні акумулюючі системи. Однак, вірогідно, за СЕС велике майбутнє. Наприклад, у Тибеті (Китай) перехід на сонячну енергетику розпочався у 50-х роках. Нині загальна площа СЕС там уже досягнула 750 тис. м² і понад 1 млн м² житла опалюється й освітлюється за рахунок енергії СЕС. У 1989 р. в Каліфорнії (США) почала працювати перша комерційна СЕС потужністю 275 МВт. Вона займає площу 340 га і розміщена в пустелі Мохаві. Розроблені проекти спорудження орбітальних навколоземних СЕС. За прогнозами через чверть століття на частку гідроенергетики припадатиме не менш ніж 25 % світового енергетичного балансу.

Однак отримання енергії за рахунок фотоелектричного пере-

творення не єдиний спосіб утилізації сонячної енергії. Для отримання теплоти придатні плоскі сонячні колектори. Це чорні поверхні, які нагріваються сонцем і передають теплоносії до споживача. Якщо навіть такі теплові геліоколектори задовольняють потребу в енергії всього на 10—20 %, то й це чимала підмога в економії традиційних енергоносіїв.

Біоенергетика також ґрунтується на використанні сонячної енергії, однак для поглинання цієї енергії використовують не фотоеlementи, а природний процес — фотосинтез зелених рослин. Історично це найдавніший спосіб отримання теплової енергії. На вогнищах наші предки спалювали деревину. В сучасному світовому балансі роль біомаси несправедливо мала. Тому відродження біоенергетики цілком виправдане.

Як найефективніші акумулятори для фотосинтетичного зв'язування сонячної енергії рекомендують використовувати швидкорослі породи дерев. У США є досвід використання як біопалива бурих водоростей, в яких добовий гектарний приріст біомаси еквівалентний 28 л бензину. Придатні для цього й інші види водоростей. Біомасу можна використовувати не лише як сировину для спалювання, а й переробляти на спирт чи горючі гази. У Німеччині розпочато використання як пального олій. У деяких країнах для виробництва спирту використовують цукрову тростину, кукурудзу та інші рослинні матеріали.

Найбільш економічно й екологічно доцільно використовувати для отримання біогазу не лише рослинну продукцію, а й відходи тваринництва — гній великої рогатої худоби і свиней, пташиний послід, різноманітні рослинні рештки та побутові відходи. Практично в усіх країнах світу такі установки спроектовано і вони успішно працюють, хоча число їх мізерне і вони охоплюють переробкою лише невелику частину таких відхідних матеріалів.

Інші способи отримання енергії. Як незвичні, але в багатьох районах екологічно й економічно вигідні, можна назвати: а) геотермальні електростанції, які працюють за рахунок теплового градієнта; б) електростанції, які використовують глибинний градієнт температури морської води; в) електростанції, що працюють за рахунок енергії припливів і відпливів.

Спорудження геотермальних електростанцій економічно найвигідніше в районах підвищеної сейсмічної активності, де є виходи гарячих підземних вод. На Філіппінах вони дають 19 % енергії. Хоча і вони не позбавлені недоліків. Геотермальні електростанції збільшують сейсмічну активність району, можуть спричинювати локальні осідання ґрунту, а їхня робота супроводжується викиданням в атмосферу тієї чи іншої кількості токсичних газів. Собівартість геотермальної енергії підвищується внаслідок швидкої корозії устаткування, оскільки геотермальні води зазвичай містять велику кількість сірки.

Потужні електростанції, які використовують температурний градієнт морської води, призводять до охолодження її верхніх шарів. Простіше безпосередньо використовувати геотермальну теплоту для обігрівання житлових приміщень, теплиць тощо.

Вочевидь, екологічно найдоцільнішими є припливно-відпливні електростанції (ПЕС), які дають майже чисту в екологічному плані енергію. Адже сумарна потужність припливів оцінюється в $2,7 \cdot 10^{12}$ Вт. У Франції вже майже два десятиліття працює ПЕС потужністю 240 МВт. В Ізраїлі розвиваються сонячні стави. В них знаходиться два шари рідини: нижній — висококонцентрований соляний розчин, верхній — прісна вода. Соляний розчин добре нагрівається сонцем, а верхній шар прісної води перешкоджає розсіюванню теплоти. Гарячий соляний розчин можна по трубах спрямовувати до споживачів теплоти.

Шляхи екологічної конверсії енергетики

Вибираючи стратегічні шляхи розвитку енергетики, доводиться враховувати, що отримання енергії з невідновлюваних джерел обмежене наявністю сировини. Розвіданих запасів кам'яного вугілля вистачить людству на 600 років, нафти — на 80. Звичайно, можуть бути знайдені і нові запаси цієї енергетичної сировини, але її запаси вичерпні. Однак на найближче майбутнє найреальнішим є спалювання кам'яного вугілля. Потрібно використовувати також інші джерела енергії з урахуванням їхньої енергомісткості.

Отримання енергії за рахунок спалювання викопного палива супроводжується значним забрудненням природного середовища. Тому кінець ХХ ст. висунув на порядок денний пошук альтернативних способів отримання енергії — насамперед електроенергії і теплоти. Однак як традиційні, так і альтернативні енергетичні джерела мають свої плюси і мінуси з погляду екології. У різних країнах, виходячи з наявності сировини й оцінки енергетичних джерел, на перший план висувались різні способи отримання енергії.

Екологічна конверсія висуває на порядок денний *біоенергетику*. Деревина та інші види біомаси непогане джерело енергії. Як уже зазначалось, її можна: а) спалювати; б) переробляти на біогаз; в) переробляти на спирт, придатний для спалювання у двигунах внутрішнього згоряння. Зокрема, у США і Бразилії бензоспирт, тобто суміш бензину і спирту все ширше використовують як пальне для автомобілів. Щоправда, саме виробництво спирту екологічно досить брудне, а для отримання біомаси, потрібної у виробництві спирту, доводиться займати родючі землі, скорочуючи виробництво продовольства.

Для України цікавий досвід американської компанії “Дженерал

електрик” з вирощування водорості спіруліну, яка дає врожай до 24 т сухої речовини за рік, а її біомаса легко трансформується в біогаз.

У Швеції для отримання паливної деревини вирощують швидкорослі деревні породи — в основному різні види верб. У тропічних і субтропічних країнах перспективний великий злак *Phalaris arundinacea*, що має врожайність 5 т/га за рік сухої біомаси, придатної для спалювання. У Франції розроблено технології отримання біопалива зі стебел буряків, картоплі, топінамбура. Швейцарська фірма “Vogel Noot AG” виробляє і продає на світовому ринку біопаливо під назвою “біодизель”.

Як енергетична сировина дуже вигідний етанол. Він найменшою мірою забруднює природне середовище продуктами згоряння, енергомісткий, але дорогий у виробництві. Близький до нього природний газ, що утворює під час спалювання також мало газів, які спричинюють парниковий ефект, та інших продуктів згоряння. Однак кращим видом альтернативного палива фахівці вважають не етанол, а олії.

Серйозно вивчаються можливості водневої енергетики (Г. Я. Камашев, 1988). Водень можна отримувати гідролізом води з використанням сонячних електростанцій. Можна його отримувати і крекінгом нафти. Розглядається можливість добування водню і біотехнологічним способом за рахунок життєдіяльності фотосинтезуючих бактерій. Водень на відстань можна передавати по трубопроводах. Таке транспортування водню виявляється в 10 разів дешевшим, ніж передавання електроенергії по лініях електропередач, і на 30 % дешевше, ніж транспортування природного газу. Крім цього, водень можна акумулювати у спеціальних батареях із лантан-нікелевих гідроїдів. Спалювання водню для отримання теплоти практично не дає шкідливих викидів. Водень можна перетворювати на електрику в особливих паливних елементах, в яких хімічна енергія згоряння водню у кисні перетворюється на електроенергію з ККД близьким до 100 %. Уже розроблені технології спалювання водню у двигунах внутрішнього згоряння.

Загалом екологічний імператив вимагає, щоб до 2030 р. основними постачальниками електроенергії для людства стали відновлювані енергоносії. З них до 44 % електроенергії повинні постачати сонячні електроустановки (рис. 9.3). Лише такий шлях отримання енергії можна вважати цивілізованим енергозабезпеченням.

На думку В. А. Осадчука і Ю. А. Юхновського (1991), проблеми енергетики України можна досить успішно вирішити вже до 2015 р. шляхом: а) реконструкції всіх гідровузлів; б) збереження великих ГЕС для задоволення потреб в енергії в часи пікових навантажень; в) переходу на отримання енергії переважно в системі малих і середніх

Відновлювані енергоносії

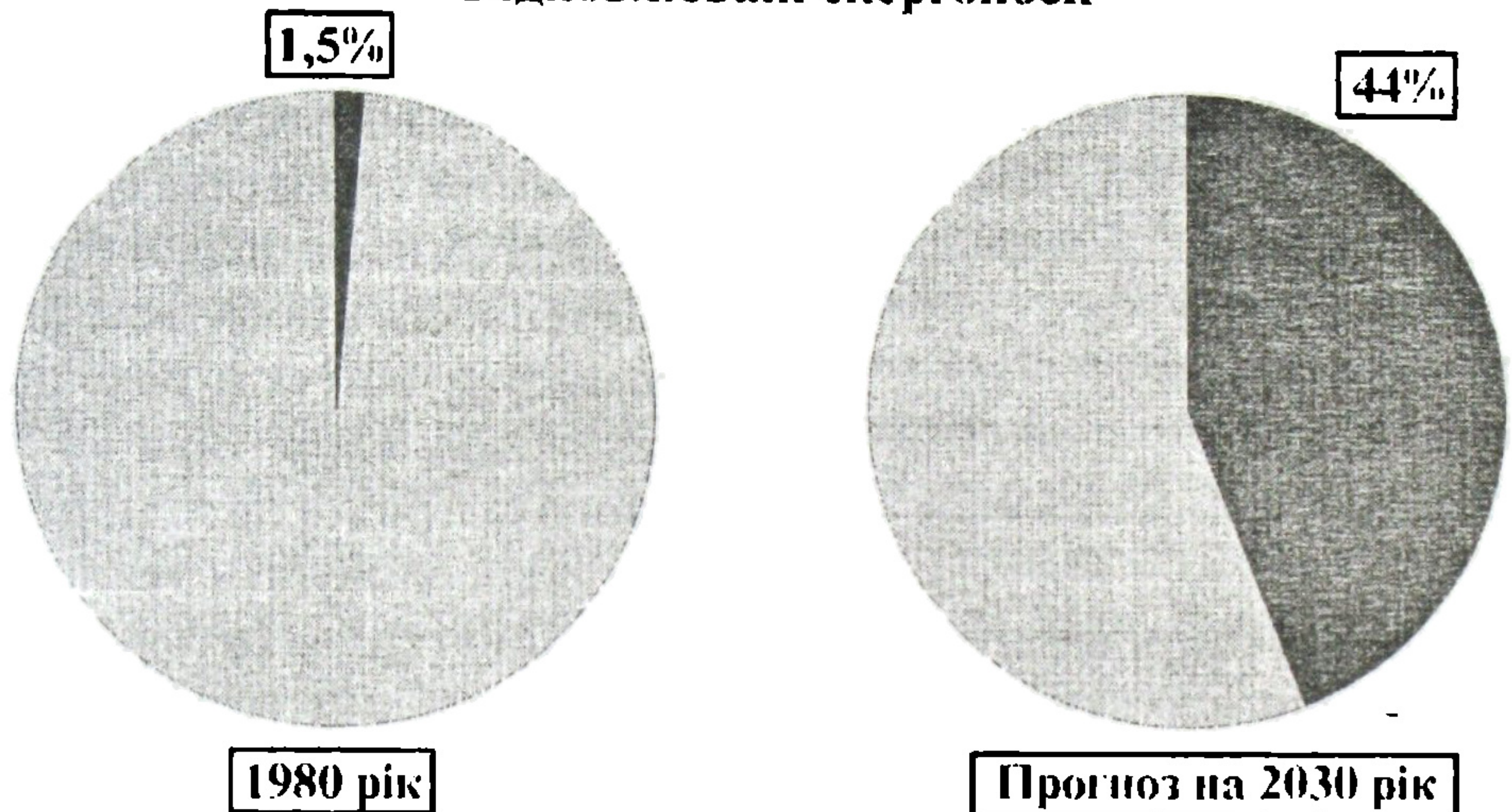


Рис. 9.3. Частка відновлюваних енергоносіїв у виробництві енергії

ГЕС, які відповідають гідроресурсам України. Слід розробити перспективний стратегічний план збільшення частки енергії, що отримується від відновлюваних енергоносіїв — вітру, сонця і біогазу. Технології отримання енергії повинні безперервно вдосконалюватись, так щоб якомога повніше використати енерговміст будь-якого виду палива. Всі види відходів потрібно вловлювати, знешкоджувати і піддавати реутилізації. Практика спорудження “високих труб”, коли газоподібні і пилові відходи крізь високі труби розосереджуються по якомога більшій площі для зниження забруднення території в безпосередній близькості від працюючих установок, повинна бути повністю забута. Така практика, зокрема, не врятувала Німеччину від висихання лісів внаслідок все частішого випадання кислотних дощів. Так, у цій країні в 1982 р. висихаючих лісів було 8 % загальної їхньої площі, в 1983 р. — 34 %, у 1984 р. — 50 %, а в 1985 р. — уже 52 %.

І звичайно, будь-які види енергії повинні витратитися дуже бережливо.

За умов ринкової економіки слід забезпечувати державне регулювання споруджуваних і діючих електростанцій. Нині в більшості розвинених країн робочий потенціал електростанцій на 30—50 % перевищує максимальний пік попиту (Д. Зайфрід, 1994). Зайві потужності електростанцій створюють непотрібне екологічне навантаження на середовище проживання, що нічим не виправдаю. Політичними й економічними заходами для глобального поліпшення екологічного стану природного середовища необхідно добиватися зниження контрасту у споживанні енергії між розвиненими країнами і країнами, що розвиваються (табл. 9.3).

Нині кількість умовного палива, що припадає на одного мешканця цих країн, відрізняється більш ніж у 10 разів.

Таблиця 9.3. Споживання умовного палива у розрахунку на одного мешканця

Регіон, країна	Умове паливо, т/рік
США	11
Німеччина	6
Країни, що розвиваються	0,5

З погляду екологічного імперативу слід оцінювати й доцільність використання енергії. За оцінками деяких авторитетних фахівців витрати енергії (насамперед електроенергії і теплоти) в побуті без шкоди для комфорту життя в розвинених країнах можна скоротити на 50 %. Для цього потрібно на принципово іншому рівні здійснити теплоізоля-

цію приміщень і впровадити економні побутові тепло- та електроприлади. Доведено, що сучасні холодильники виробництва Німеччини і Франції споживають до 300 кВт · год електроенергії щорічно. Однак якщо вдосконалити їх теплоізоляцію, то лише за рахунок цього витрата електроенергії зменшиться до 100 кВт · год за рік. Великі резерви у цій сфері мають промисловість, транспорт і сільське господарство.

Економічні проблеми енергетики

Велику роль у розвитку енергетики відіграють економічні відносини. Найбільш усталений характер економіка в цій сфері має в розвинених країнах з ринковою економікою. Прикладом такої країни може бути Німеччина. Згідно з даними Д. Зайфріда (1994), у формуванні фондів, пов'язаних з енергетикою, велику роль у Німеччині відіграють концесійні збори. Їх виплачують общинам і землям підприємства, які постачають у район електроенергію, газ або теплу воду, за прокладання комунікаційних мереж. Виробники енергоносіїв сплачують також податок з прибутку і виробничий податок. Для місцевих бюджетів надходження податкових засобів виявляється дуже важливим. Це створює чіткий взаємозв'язок: чим більше енергії продається, тим більше коштів надходить у касу общини або землі. Як наслідок такий взаємозв'язок стимулює споживання електроенергії, що, в свою чергу, стимулює її виробництво й, отже, більше забруднення природного середовища.

Збільшенню збуту енергії сприяє і тарифна політика, яку проводять виробники енергії. Часто перетворення окремих підприємств-виробників енергії на акціонерні товариства дає обґрунтування для підвищення тарифів на енергоносії, як це було в Німеччині у 1970—1980 рр. Особливо швидко у другій половині століття зростали тарифи на побутове споживання енергії.

Для Німеччини характерне об'єднання підприємств енергопостачання з транспортними підприємствами, так що в підсумку чистий прибуток від продажу енергоносія повинен покривати дефіцит від місцевого громадського транспорту.

Велику роль у фінансовій діяльності енерговиробляючих підприємств відіграє диференційований підхід до споживачів енергії. Вони поділяються на тарифних клієнтів і клієнтів, які обслуговуються за спеціальними угодами. Частка перших у концесійних зборах становить 10—20 %, а частка других — лише 1,5 %. Таким чином, концесійний збір забезпечують в основному тарифні клієнти — для них ціна на всі енергоносії практично в 10 разів більша, ніж для договірних клієнтів. Тарифні клієнти пересічно споживають близько 50 % енергії, але сплачують концесійний збір на 95 %.

Диференціація цін на енергоносії стосується всіх споживачів. Вона організована за загальним принципом: чим більше енергії споживаєш, тим менше платиш. Так, за сучасними тарифами при побутовому споживанні електроенергії родина, що споживає до 1000 кВт · год, платить за 1 кВт · год 77 пфенігів, понад 2000 кВт · год — 40 пфенігів, при загальному споживанні 4000 кВт · год і більше — лише 23 пфеніги. Таким чином, дрібний споживач робить найбільші внески в доходи підприємств, що виробляють енергію. Крім суто соціальних процесів такий підхід має свій екологічний мінус — він стимулює споживачів енергії збільшувати споживання, а отже, створює підвищені антропогенні навантаження на природне середовище за рахунок нарощування потужностей підприємств, що виробляють електрику, подають газ або теплу воду. Існуюча в розвинених країнах світу тарифна політика на енергоносії не стимулює їх економії. Якщо вона й досягається, то лише за рахунок індивідуальних зусиль окремих споживачів.

Для Німеччини, як і для інших розвинених країн, в останні десятиліття характерні монополізація й укрупнення підприємств, що виробляють енергію. В Німеччині на початку 90-х років існувало близько 1000 різних підприємств, що виробляли і продавали енергоносії, але всього 9 з них виробляли і реалізували 90 % усієї енергії у формі електрики, газу або теплоносіїв. Механізм монополізації пов'язаний з можливостями великих підприємств постачати споживачам дешевшу енергію, що пригноблює дрібних конкурентів. Такий економічний механізм, у свою чергу, пригнічує ініціативу тих промислових підприємств, які могли б самі виробляти електроенергію і теплоносії попутно з основним виробництвом. Це навіть закріплено законодавством Німеччини: підприємства з власним виробництвом електроенергії сплачують дуже високу ціну за резервну енергію, яку вони можуть отримати від централізованих підприємств, що її виробляють, у разі виходу з ладу власних електростанцій. Врешті-решт така концентрація у виробництві енергоносіїв призводить до прискореного погіршення екологічної обстановки в країні.

Висока прибутковість виробництва енергії в сучасному світі призводить до стимулювання спорудження атомних електростанцій,

які дають змогу виробляти її у великих кількостях. На цьому фоні підприємства, що виробляють енергію із відновлюваних енергоносіїв, виявляються у програшу. В Німеччині з 1979 по 1984 р. на дослідження і реалізацію проектів щодо спорудження і введення в експлуатацію атомних електростанцій було виділено 17,8 млрд марок, а на програму розробки нових альтернативних джерел енергії (сонячної і вітрової) лише 1,6 млрд марок.

Розвиток кризових явищ у природному середовищі, пов'язаних із виробництвом енергоносіїв, призводить до необхідності реформи економіки усього енергокомплексу, включаючи технологічні рішення і фінансові механізми. У цьому процесі на першому місці повинно стояти: а) стимулювання раціонального використання усіх видів енергії; б) впровадження екологічно ошадливих технологій виробництва енергії та пристроїв її кінцевого споживання; в) покладання на підприємства, що виробляють енергію, усіх витрат, які необхідні для запобігання деградації природного середовища. Механізм оплати за забруднення природного середовища необхідно переглянути таким чином, щоб оплачувались не лише нормативні і понаднормативні викиди забруднювальних речовин як таких, а й збитки, заподіяні природному середовищу, за виникнення шкідливих наслідків від взаємодії викидів підприємств, що виробляють енергію, з викидами інших промислових підприємств. Екологічний імператив вимагає введення у цій сфері принципу спільної відповідальності.

Аналізуючи деякі негативні елементи енергокомплексів розвинених країн, слід враховувати, що ці країни до кінця ХХ ст. почали виділяти значні кошти на цільові програми щодо оптимізації природного середовища. Так, у тій же Німеччині передбачено на період до 2015 р. створити 40 тис. постійних робочих місць на енергопідприємствах для впровадження нових технологій щодо зниження відходності виробництва та на теплоізоляційні проекти.

Розділ 10

ПЕРСПЕКТИВИ ЕКОЛОГІЧНОЇ КОНВЕРСІЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Трансформування промислового виробництва упродовж XX ст.

Промислове виробництво ґрунтується на переробці різноманітних природних ресурсів з одержанням або засобів виробництва, або корисних для людини продуктів. Зазвичай промисловість поділяють на дві основні галузі — видобувну та обробну. Видобувна промисловість включає видобуток рудних і нерудних корисних копалин, лісову промисловість та деякі інші види. Обробна промисловість працює на сировині, отриманій від видобувної промисловості та сільського господарства. Вона поділяється на металургійну промисловість, машинобудування, деревообробну, текстильну, електротехнічну та ін.

Будь-яке промислове виробництво складається з трьох етапів:

- I — виявлення та освоєння природних ресурсів;
- II — розгортання виробництва з переробки цього ресурсу та одержання корисної продукції;
- III — нагромадження відходів та їх видалення.

Особливістю промислового виробництва є формування таких процесів, які не властиві нативному природному середовищу. Речовини, які використовують у промисловості, часто відсутні в природних біогеохімічних колообігах речовин і тому промислові технології частіше, ніж будь-які інші спричиняють трансформацію природного середовища.

У процесі промислового виробництва з літосфери земної кулі вилучають великі обсяги гірських порід, із колообігу води забирають багато кубічних кілометрів води, а після відпрацювання пуста порода, стічні води та інші непотрібні речовини викидають на поверхню планети. Масштаби цього процесу колосальні (табл. 10.1).

Упродовж XX ст. для будь-якого виду промислового виробництва була характерною тенденція до концентрування. Вона впливає з

Таблиця 10.1. Обсяги техногенного впливу на літосферу земної кулі процесу промислового виробництва

Матеріал	Кількість
Вилучення з літосфери	
Видобуток мінеральної сировини	100 млрд т
Видобуток мінералів	800 млн т
Водозабір	560 км ³
Скидання твердих матеріалів у море	17,4 млрд т
Стікання нафти в море	10 млн т
Надходження в літосферу	
Добрива	500 млн т
Пестициди	5 млн т
Відвали золи	350 млн т
Стічні води промислових підприємств	1500 км ³
Переміщення гірських порід	4000 км ³

нерівномірного розподілу ресурсів, а також пов'язана з тим, що територіальна сконцентрованість видобувних і переробних галузей забезпечує економію транспортних витрат. На основі цього виникають територіально-виробничі комплекси, тобто групи технологічно й економічно пов'язаних промислових виробництв і підприємств. Розміщені такі підприємства переважно в містах. У разі їх розміщення за межами міста прилеглі до них сільські населені пункти швидко перетворюються на міста чи поселення міського типу.

Відомо, що промислове виробництво має дискретний, або точковий, характер розміщення виробничих об'єктів, на відміну від сільського господарства, для якого властиве ареальне розміщення виробництва. У свою чергу, транспорт характеризується лінійним розміщенням.

Індустріальна революція ХХ ст. у більшості країн світу і в Україні була орієнтована насамперед на непропорційно потужний розвиток промисловості, що завдавало збитків іншим галузям виробництва при майже повному ігноруванні екологічного імперативу. Під час індустріальної революції була здійснена глибока трансформація промислового виробництва. Галузева і територіальна структура промисловості набула пріоритетного характеру, підкоривши інфраструктуру інших галузей економіки. Відбулося стрибкоподібне нарощування потужностей промислового виробництва. Так, у колишньому СРСР загальний обсяг промислового виробництва з 1913 по 1980 р. збільшився у 157 разів. Відбулося це за рахунок переексплуатації природних ресурсів і нехтування проблемою знешкодження відходів промислових підприємств, небезпечних для природного середовища і здоров'я людини.

За досягнення науково-технічного прогресу видавався, наприклад, відкритий спосіб видобутку кам'яного вугілля і руд. При цьому продуктивність праці одного робітника справді була в шість разів вищою, ніж при шахтному способі видобутку, але втрачалися тисячі гектарів землі і створювались величезні території відвалів пустої породи. Пересічно видобуток 1 млн т вугілля відкритим способом спричинює знищення 20 га природних угідь, а видобуток такої самої кількості вугілля шахтним способом — тільки 5 га.

Конфліктність у системі людство — природне середовище посилювалась упродовж останнього століття надзвичайно низькими коефіцієнтами використання ресурсів у промисловості. Тому сировини доводиться витрачати дуже багато. А. Кларка (1966) писав, що для забезпечення однієї сучасної людини предметами першої необхідності і предметами розкошу щорічно із надр Землі вилучається понад 20 т сировини.

Забруднення природного середовища у процесі промислового виробництва

Антагонізм між промисловим виробництвом і природним середовищем наростав у два етапи: першим була промислова революція ХІХ ст., другим — індустріальна революція другої половини ХХ ст. Деградаційний вплив промислового виробництва на природне середовище в глобальному масштабі найяскравіше виявився у другій половині ХХ ст., коли він набув загальнопланетарного характеру.

Промисловим забрудненням називають надходження в навколишнє природне середовище різноманітних несприятливих для нього речовин, які є побічними продуктами промислового виробництва. Традиційно вважається, що промислове виробництво є одним з основних забрудників природного середовища. Незважаючи на індустріалізацію галузі і часткове впровадження маловідходних технологій, ця оцінка залишається актуальною і на межі третього тисячоліття.

Промислове забруднення за видами поділяють на такі основні форми:

1) забруднення атмосферного повітря пиловими і газоподібними викидами промислових підприємств;

2) забруднення водойм і підземних вод стічними промисловими водами, що містять широкий спектр токсичних речовин;

3) забруднення ґрунту важкими металами та іншими шкідливими речовинами;

4) теплове забруднення природного середовища викидами надлишків теплоти в атмосферу чи водойми;

5) шумове забруднення, що виникає під час роботи промислових підприємств.

Промисловість є великим споживачем енергії. Переважно для її потреб споруджувались великі ГЕС і АЕС. Ці промислові об'єкти викликають серйозні екологічні і соціальні зрушення. Під водосховища відводять великі масиви часто найцінніших земель, на обширній території підіймається рівень ґрунтових вод, здійснюється переселення великої кількості населення, що супроводжується перенесенням сіл і невеликих міст.

Як уже зазначалось, найбільш поширені ТЕС значно забруднюють атмосферу, з ними пов'язане утворення величезних відвалів гірських порід при видобуванні палива для них шахтним чи кар'єрним способом. Багато проблем створюють АЕС. Екологічно небезпечний видобуток урану та його переробка для отримання ядерного палива, не вирішена проблема захоронення відходів, а їх перевезення, як і сама робота АЕС, загрожує аваріями. Не вирішена проблема демонтажу і консервації АЕС після закінчення терміну їх експлуатації, який нині становить пересічно 30 років.

Екологічна оцінка типів промислового виробництва ґрунтується на аналізі виду і розміру речовин, що вилучаються з природного середовища, та характеру і кількості відходів. Вилучаються з природного середовища насамперед гірські породи, що містять руди металів, нафту, газ та інші потрібні для промислового виробництва речовини. Масштаби таких вилучень досить великі. Наприклад, під час розробляння Курської магнітної аномалії було викопано кар'єр завглибшки 500 м і завдовжки 500 км. Відбуваються аналогічні процеси під час промислового виробництва на території України, тим більше, що країна багата на корисні копалини — має понад 7 тис. родовищ і добре розвинений гірничовидобувний комплекс.

Тією чи іншою мірою дають відходи усі види промислового виробництва. Відходність промисловості настільки велика, що одного лише пилу викидається в атмосферу промисловими підприємствами світу 200—250 млн т щорічно. Найвища відходність металургійної і хімічної промисловості. Вразі отримання однієї чавунної виливки в навколишнє середовище викидається 10—30 кг пилу, 200—300 кг чадного газу, 1—2 кг оксидів сірки й азоту, 0,15—1,5 кг фенолів та інших органічних речовин і 3 м³ стічних вод. Сильно забруднює навколишнє середовище виробництво паперу. Його вибілювання супроводжується утворенням близько 1 тис. токсичних речовин, у тім числі таких небезпечних, як діоксин, фурани тощо.

У США щорічно формується 265 млн т екологічно небезпечних відходів, у країнах Європейської співдружності — 35 млн т. Світовий обсяг відходів, за П. Бусоном (1989), становить 400 млн т. Екібастузька ГРЕС-1 за один лише 1986 р. викинула в повітря 177 тис. т оксиду сірки (IV), 48 тис. т оксидів азоту й дала 1 млн 281 тис. т золи. Згідно з

Таблиця 10.2. Об'єми промислових відвалів на земній кулі, км³

Корисні копалини	Пуста порода	Виробничі відходи	В с ь о г о
Рудні	1210	7,9	1217,9
Нерудні	90	—	90,0
Паливні	278	12,2	290,2
В с ь о г о	1578	20,1	1508,1

розрахунками, витрати на ліквідацію завданих збитків виявились більшими, ніж отриманий прибуток від виробленої на цій ГРЕС електроенергії.

Для гірничовидобувної промисловості характерний особливий тип відходів — відвали гірських порід (табл. 10.2). Вони займають великі території і спричиняють сильне запилення атмосфери. Металургійна промисловість додає до них гори шлаку і золи. За даними Ж. Шимогані (1993), у світі за рахунок спалювання кам'яного вугілля щорічно утворюється $3,91 \cdot 10^6$ т вуглезольних відходів, 60 % яких зберігають у відкритих відвалах. Відвали гірничовидобувних і металургійних підприємств забруднюють природне середовище не лише пилом, а й стічними поверхневими і ґрунтовими водами. Такі території завжди потребують дорогої рекультивації, однак і вона неспроможна повністю відновити природу таких “місячних ландшафтів”.

Промислових відходів епохи науково-технічної революції стало так багато, що в розвинених країнах світу їх уже неможливо розміщувати на власній території. У 1987 р. із Західної Німеччини в НДР було ввезено 870 тис. т промислових відходів. У 1991 р. Організація африканської профспілкової єдності заборонила ввезення в держави Африки відходів з економічно розвинених країн. Робились і робляться спроби використати для складування і “переробки” відходів і територію України.

Для потреб промисловості впродовж останнього століття сформувалася розгалужена мережа наземних і водних транспортних магістралей. Транспорт, метою якого є доставляння сировини на промислові підприємства, вивезення відходів і транспортування продукції споживачам, сам по собі став важливим антропогенним забрудником природного середовища. Упродовж ХХ ст. значною мірою збільшилась мережа автомагістралей (табл. 10.3), що зайняла дуже велику територію. Загальний парк автомобілів, включаючи вантажні, автобуси та інші, досягнув 600 млн одиниць. За прогнозом до 2010 р. число автомобілів перевищить 1 млрд. Все більший обсяг пасажирських і товарних перевезень бере на себе повітряний транспорт. Щорічно літаками літає близько 700 млн чоловік.

Екологічна оцінка транспортної системи виявила, що вона завдає

Таблиця 10.3. Густота автошляхової мережі в деяких країнах

Країна	Густота авто- шляхів, км/км ² території
Болгарія	0,33
Велика Британія	1,51
Данія	1,63
Швейцарія	1,70
Нідерланди	2,72
Японія	2,86
Канада	2,86
Бельгія	4,20

істотних збитків навколишньому природному середовищу. Один автомобіль за рік пересічно поглинає 1 т кисню і викидає в повітря до 600—800 кг вуглекислого газу, 40 кг оксидів азоту і 200 кг вуглеводнів, які не згоріли. Не вирішена проблема утилізації відпрацьованих масел. Так, в одній лише Канаді щорічно зливається в каналізацію або закопується 240 млн л відпрацьованих масел. А в світі лише 40 % таких масел надходить на рециклінг

або використовується як паливо, решта масел потрапляє у відходи.

Однак особливу екологічну небезпеку становить свинець, який додають до етильованого бензину. Пересічний вміст свинцю в бензині досягає 0,4 г/л й під час спалювання його в двигунах 75 % початкової кількості цього металу надходить у повітря. Підраховано, що на території такої невеликої держави як Австрія сумарний викид свинцю автомобільним транспортом і лакофарбовою промисловістю становить 15 тис. т щорічно.

В міру розвитку цивільної і транспортної авіації вона стає все більш екологічно небезпечною. Відомо, наприклад, що лише один літак Боїнг за 1 годину польоту спалює 16 т гасу, а під час злітання він витрачає його 7,8 т. Під час кожного старту літак викидає в атмосферу до 100 кг оксиду вуглецю (IV) і 50 кг оксидів азоту. Пересічно в світі на переміщення 1 пасажира на відстань 100 км витрачається 2,7 кг гасу. В Німеччині одна лише цивільна авіація щорічно спалює 3 млн т гасу. Повітряний транспорт споживає 14% світового виробництва палива.

Особливо небезпечне те, що продукти згоряння авіаційного палива потрапляють у верхні шари атмосфери. Сюди від пролітаючих літаків щорічно надходить до 180 тис. т оксиду сірки (IV) і 1,5 млн т оксидів азоту. Це прискорює руйнування озонового шару, що відбувається під впливом фреонів.

Основні напрями екологічної конверсії промисловості

Екологізація промислового виробництва насамперед потребує оцінки справжньої потрібності продукту для суспільства. Сама продукція повинна відповідати сучасним екологічним вимогам.

Екологічна оцінка промислового виробництва ґрунтується на простих принципах: це розмір споживання відновлюваних і невідновлюваних природних ресурсів і рівень відходності з урахуванням шкідливості цих відходів для природного середовища і людини.

Основну деградаційну дію стосовно природного середовища чинять відходи промислових підприємств. Існує самотійне поняття про промислове забруднення навколишнього середовища, яке набуло глобального характеру. Якщо в методах промислового виробництва не відбудуться докорінні зміни, то забруднення біосфери триватиме і здатність екосистем і природного середовища загалом до самоочищення в якийсь момент часу виявиться вичерпаною.

Упродовж ХХ ст. в системі людство — природне середовище відбулася важлива якісна зміна: природа перестала бути пасивним джерелом матеріальних та енергетичних благ для людей, вона почала виступати активним гальмом розвитку на тому технократичному шляху, який вибрало суспільство. Це гальмо, звичайно, не стримує розвитку людської цивілізації як такого, але воно об'єктивно і все активніше перешкоджає технократичному типу розвитку. Стає очевидним, що технократизм веде людство в провалля нерозв'язних конфліктів між інтересами людини, як біологічної істоти, і природним середовищем, яке вже не спроможне забезпечувати її благополуччя і навіть існування.

Посилює конфлікти в системі людство — природне середовище розвиток промисловості в напрямі процесів, які послідовно змінюють один одного: механізації, автоматизації, кібернетизації. Кібернетизацію її головні адепти розглядають як кінцеву мету розвитку промисловості. Водночас вона є й вершиною технократичного мислення. Виробництва такого типу все більше відокремлюють людину від об'єкта праці, а отже, й від природи. Однак сама людина на відміну від роботів залишається біологічною істотою і потребує природного середовища певної якості.

В епоху науково-технічної революції, незважаючи на розробку технологій вискоєфективних способів очищення відходів промисловості, основну частину їх, як і раніше, знешкоджують “методом розбавлення”, коли шкідливі газоподібні відходи викидають крізь високі труби якомога вище в атмосферу, щоб розосередити їх на великій території і добитися такої їх концентрації, яка б відповідала гранично допустимій. Шкідливі рідкі відходи аналогічно спускають у водойми для розбавлення. Абсолютні кількості відходів промисловості в разі застосування такого способу, звичайно, залишаються незмінними. У державах колишнього СРСР, щоб уникнути економічних санкцій, триває практикування ще одного “ефективного способу” позбавлення від небезпечних відходів: їх викидають в нічні години, коли концентрація токсичних речовин зазвичай не реєструється органами санітарного нагляду.

Загалом навколишнє природне середовище до кінця ХХ ст. стало за багатьма своїми параметрами якісно іншим порівняно із середовищем, в якому людство виникло і в якому проходило перші фази свого становлення.

Важливим критерієм рівня екологізації виробництва є кількість сировини, що витрачається на отримання одиниці продукції. Сучасні технології використовують сировину, як правило, з низьким ККД. У розвинених країнах щорічно в розрахунку на одного мешканця добувають 21 т мінеральної сировини, а в колишньому СРСР видобували майже 40 т. Однак до складу кінцевих продуктів входить лише 5—10 % цієї кількості, решта формує масу відходів. Екологічна конверсія промисловості насамперед спрямована на якомога повніше використання сировини й передусім за рахунок багато-профільності її переробки. Ця тенденція отримала назву *“дема-теріалізації промисловості”*.

Світовим лідером у галузі екологічної конверсії промисловості є Німеччина. За даними Е. Шульца (1992), тут істотно знижене споживання коксу у виробництві металу (з 850 до 359 кг/т гарячого металу). Впроваджується безперервне розливання, що забезпечує економію енергії. Ще з 1966 р. у Західній Німеччині повністю відмовились від бесемерівського способу виплавляння сталі. Впроваджено пило- і газоуловлювачі, які зменшили викиди пилу до величини, що не перевищує 1,4 кг/т необробленої сталі, в той час як раніше вони перевищували 3 кг/т.

На прикладі Східної України В. І. Савченко (1991) довів повну можливість знизити екологічну збитковість видобувної промисловості в цьому регіоні. Для цього слід під час сейсморозвідування корисних копалин перейти до непідривних методів збудження коливань. Під час самого видобування корисних копалин не допускати порушень природних водотоків на місцевості, зберігати родючий шар ґрунту, запобігати відкритому фонтануванню нафти і природного газу.

Важливим елементом екологізації промисловості є розробка технологій видалення і знешкодження відходів. Насамперед відходів повинно утворюватись якомога менше. Це досягається за рахунок рециклінгу відходів. **Рециклінгом** відходів називають їх повторне використання для отримання корисних продуктів. Схема рециклінгу відходів проста: первинна сепарація в місцях утворення → сортування → інтегрована переробка → отримання корисних продуктів або матеріалів. Підприємства фірми IBM у 1991 р. дали 5600 т відходів, але 80 % з них було знову залучено у виробництво на основі технології рециклінгу. Рециклінг відходів — один із найважливіших напрямів промислового розвитку на третє тисячоліття, але реалізується він поки що повільно, оскільки для рециклінгу найчастіше доводиться змінювати всю технологію виробництва, а відходи, які утворюються, обов'язково попередньо сортувати за видами, що створює додаткові витрати. А для багатьох видів вироб-

ництва поки що немає ефективних технологій рециклінгу відходів. Проте за рециклінгом відходів велике майбутнє.

Система знешкодження відходів ґрунтується на їхньому початковому затриманні і концентруванні до потрапляння в навколишнє середовище. Після цього відходи очищають і готують до утилізації різними способами. Основні з них такі:

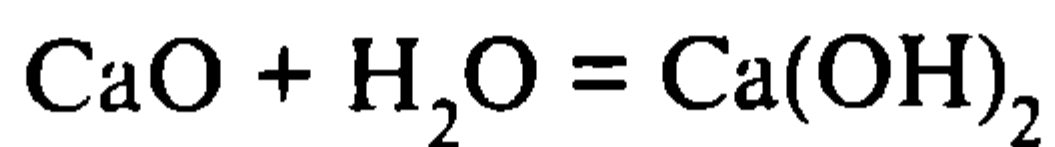
- 1) *механічне очищення* відстоюванням або фільтруванням;
- 2) *хімічне очищення* шляхом переведення в нерозчинний стан або нетоксичні речовини, які легко вилучаються;
- 3) *фізико-хімічне очищення*, що ґрунтується на адсорбції чи електролізі;
- 4) *біологічне очищення* за рахунок розкладання відходів різними живими організмами.

На різних виробництвах методи знешкодження відходів, звичайно, різні. Однак принципи їх однакові. Очищення від пилу відбувається методами гравітаційного осадження під дією сили гравітації, відцентровим, інерційним методом, що ґрунтується на ефекті зачіплювання часточок пилу за поверхню тіла, яке вони обтікають, методом електричного осадження тощо. Очищення відхідних газів залежить від їх хімічного складу. У країнах Європейської співдружності газо- і пилоочищення проводять в основному за допомогою електрофільтрів, що мають непогані показники. Добре очищення димів від сірчистого газу забезпечує опромінення їх швидкими електронами, які отримують у прискорювачах. Цей дорогий, але ефективний спосіб найчастіше використовують у Німеччині, Японії і США.

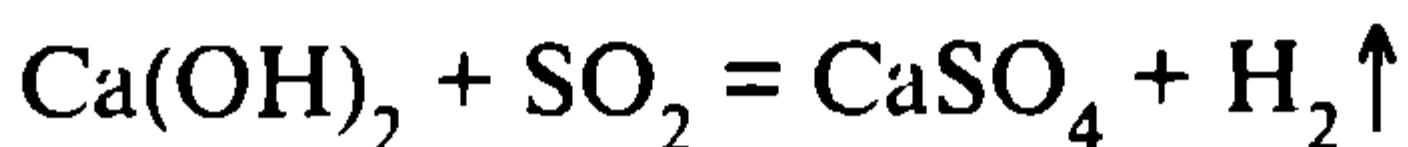
Є й технологічні можливості для зниження викидів в атмосферу оксидів сірки та азоту. Їх впровадження дасть змогу призупинити прогресивне забруднення атмосфери цими газами і зменшить частоту випадання кислотних дощів. Необхідні для цього заходи нескладні. Потрібно: а) подавати на спалювання попередньо збагачене вугілля; б) очищати нафту від сірки й азоту; в) на всіх стаціонарних і пересувних установках оптимізувати режим спалювання кам'яного вугілля і пального, що добувається з нафти, зокрема ефективним є збагачення пального воднем; г) очищати продукти згоряння від оксидів сірки та азоту до їх викидання в атмосферу.

Для нафтопродуктів і вугілля однією з найсерйозніших проблем є домішка сірки, яка під час спалювання потрапляє в атмосферу у формі сірчистого газу. Є чимало способів вилучення сірки з таких горючих матеріалів. Високоєфективною є технологія вилучення сірки з вугілля, коли у вугілля вводять порошкоподібне вапно і спалювання проводять за температури 850—1150 °С. У цьому разі за рахунок взаємодії CaO з

SO₂ до 20—50 % сірки зв'язується. Далі дим пропускають крізь реактор, у який подають розпилену воду. За рахунок перебігу процесів



та



вилучення сірки забезпечується на 60—80 %. У США на реалізацію технологій такого типу у 1985 р. уряд виділив 400 млн доларів, а в 1990 р. додатково ще 500 млн доларів.

Є чимало суто технічних способів зниження викиду антропогенного вуглекислого газу в атмосферу. Тут необхідна повсюдна рекуперація — вилучення вуглекислого газу з викидів. Її проводять методами: а) хімічного вбирання аміаком; б) абсорбції цеолітами; в) відокремлення CO₂ за допомогою полімерних мембран із наступним скрапленням. Скраплений вуглекислий газ пропонується зберігати у спеціальних контейнерах на дні океанічних западин завглибшки не менш ніж 3000 м. Крім цього, вуглекислий газ є корисною сировиною: його можна використовувати для гасіння пожеж, у парниковому господарстві для підживлення рослин, для заморожування. Однак найдоступнішим способом запобігання нагромадженню в атмосфері антропогенного вуглекислого газу може виявитись заліснення несільськогосподарських угідь. Ліс — головний вбирач вуглекислого газу. За останніми даними японських дослідників 1 га лісу щорічно вбирає 15—30 т вуглекислого газу і виділяє 11—23 т кисню.

Елементом екологічної культури в разі промислового виробництва є точне дотримання встановлених гранично допустимих концентрацій усіх речовин, які утворюються в процесі виробництва і можуть викидатися в атмосферу (табл. 10.4).

Є цілком надійні способи знешкодження твердих промислових відходів. Насамперед потрібно розділити звалища побутових і промислових відходів. Міські звалища промислових відходів слід влаштовувати у відповідних місцях з урахуванням типу відходів, закладанням підземного дренажу для збирання стічних вод і запобігання їхньому проникненню у ґрунтові води. Зверху звалища повинні закриватись пересувними покриттями, які запобігають перенесенню звалищних матеріалів вітром разом з пилом і захищають від промивання дощовими опадами.

Особливою проблемою у твердих відходах є пластмаси, які в природному середовищі не руйнуються. Кількість пластмасових відходів у другій половині нашого століття наростала дуже швидко. Так, у країнах Європейської співдружності з 1991 по 1996 р. кількість пластмасових відходів зросла з 914 тис. т за рік до 2,4 млн т. Реутилізація відходів такого типу складна й енергомістка. В останні

десятиліття проводиться активна робота щодо створення пластмас, які піддаються мікробіологічному руйнуванню. Так, японська фірма “Фідзіцу” почала випускати пластмасу, що розкладається зі швидкістю 7 % маси за 3 місяці. Зазвичай такі пластмаси містять до 3 % крохмалю, що й забезпечує їхнє біоруйнування. Однак поки що такі пластмаси дуже дорогі і проблема тари багаторазового використання залишається досить актуальною.

Технологічні процеси і типи відходів у різних галузях промисловості неоднакові. Тому форми їх екологізації також різні. В металургійній промисловості це заміна мартенівських печей, де виплавляння сталі триває 8—12 год, на конвертори, які видають метал через кожні півгодини. Впроваджуються установки безперервного розливання сталі, що також забезпечує зниження забруднення навколишнього середовища.

На підприємствах цукрової промисловості екологічну конверсію слід розпочинати з очищення стічних вод, які забруднюють водойми. Найдосконалішим є спосіб біологічного очищення таких стічних вод. На цукрових заводах Росії та України його почали застосовувати з другої половини XIX ст. Для його реалізації створюють поля зрошення, поля фільтрування і біологічні стави. Створення штучних біоценозів із найпростіших, мікроорганізмів і червів значно прискорює розкладання осадів. Від важких металів позбуваються осадженням їх спеціальними реагентами.

Свої проблеми має лісова промисловість. Хоча XX ст. іноді називають “нейлоновим віком”, світове споживання деревини продовжує зростати. Заслоном на шляху знищення лісів повинні стати

Таблиця 10.4. Гранично допустимі концентрації речовин, що забруднюють атмосферне повітря

Речовина	ГДК _р	ГДК _{сд}
Оксид азоту (IV)	0,085	0,0400
Оксид азоту (II)	0,400	0,0600
Масляний альдегід	0,015	0,015
Оксид сірки (IV)	0,500	0,050
Ацетон	0,350	0,850
Бензол	1,500	0,100
Завислі речовини	0,500	0,150
Гексен	0,400-	0,085
Сульфатна кислота	0,300	0,100
Нітратна кислота	0,400	0,150
Валеріанова кислота	0,030	0,010
Ацетатна кислота	0,200	0,060
Ксилол	0,200	0,200
Нітробензол	0,008	0,008
Озон	0,160	0,030
Пил зерновий	0,200	0,030
Пил цементу	0,300	0,100
Пил щебеню	0,300	0,100
Сажа	0,150	0,050
Свинець	0,001	0,0003
Сірководень	0,008	—
Оксид вуглецю (II)	0,050	0,020
Фенол	0,010	0,003
Етилацетат	0,100	0,100

Примітка. ГДК_р — гранично допустимі разові викиди; ГДК_{сд} — гранично допустима середньодобова концентрація.

лісові плантації та організація лісового господарства на нових принципах. Нині розробляються основи “стійкого лісівництва”, яке ґрунтується на стабілізації розміру лісозаготівель і збереженні екологічної різноманітності лісових ландшафтів. У США виникло “нове” лісівництво, що ґрунтується на ретельному аналізі лісових екосистем, збереженні їхньої біологічної різноманітності, залишанні в насадженнях мертвих дерев і сухостою.

У деревообробній промисловості є великі резерви для безвідходної переробки деревини. Вона в принципі не складна і містить такі основні елементи: а) початкова обробка стовбурів на сортаменти; б) подрібнення бічних гілок, кори і листків з отриманням так званої “зеленої тріски”, придатної для хімічної або біологічної переробки; в) повне використання всіх відходів лісопиляння. До сказаного варто додати також економію всіх продуктів, що отримуються з деревини, й насамперед паперу. Такий режим економії особливо характерний для економічно розвинених країн. У Західній Європі не менш ніж 40—50 % паперу отримують із макулатури. У США з поліетиленових відходів пресуванням одержують дошки для садових лавочок і дренажні труби, у Швеції збирають для переплавляння металеву тару.

Якщо токсичні відходи не вдається знезаразити або повторно включити у виробництво, необхідні екологічно надійні засоби їх захоронення. М. Енгел (1990) пропонував захоронювати порівняно малотоксичні відходи в океанах на глибині 3—6 тис. м. Є також проекти викидання їх у Космос. З такими пропозиціями важко погодитись — вони не вирішують проблему, а просто перекладають її рішення на наших нащадків. До того ж найближчий Космос і так достатньо забруднений. Оптимальним варіантом на сьогодні є захоронення відходів у глибоких відпрацьованих шахтах.

Розділ 11

ЕКОЛОГІЧНА КОНВЕРСІЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Індустріалізація сільського господарства упродовж ХХ ст.

Продукти харчування виробляються у рослинницькій і тваринницькій галузях сільського господарства, у створюваних з цією метою агроєкосистемах. **Агроєкосистема** — це сукупність біогенних та абіогенних компонентів на ділянці суходолу, яка перебуває в сільськогосподарському використанні. Поняття про агроєкосистему є результатом застосування концепції екосистем до сільськогосподарських земель. Головною ланкою агроєкосистем є зелені рослини, які забезпечують первинне отримання органічних речовин і надають агроєкосистемам властивості автотрофності. Гетеротрофний компонент агроєкосистем становлять сільськогосподарські тварини. Сукупність агроєкосистем утворює **агросферу** планети.

Теоретично рослинництво повинно бути енергетично прибутковим, оскільки ґрунтується на зв'язуванні сонячної енергії. Однак це справедливо лише для примітивних землеробських систем, в яких застосовувалась лише фізична (м'язова) праця. В сучасних агроєкосистемах додаткові витрати енергії під час виробництва сільськогосподарської продукції перевищують за величиною ту енергію, яка в ній акумульована. Отже, сучасні агроєкосистеми енергетично збиткові і сільське господарство належить до одного з найбільших енергоспоживачів. У США воно забирає 17 % вироблюваної в країні енергії, в Індії — 29 %. Енергетично найдешевше зерно виробляє Велика Британія.

Антропогенною енергією, або енергетичними субсидіями, прийнято називати всі види допоміжної енергії, які вносяться в агроєкосистему для вирощування сільськогосподарських рослин чи тварин. До складу цієї енергії входять енергетичні витрати на виробництво і внесення добрив та пестицидів, на зрошення, пально-мастильні матеріали, обробіток ґрунту тощо.

Енергетичні еквіваленти виробничих і трудових затрат на основні

матеріали та процеси сільського господарства вже знайдено. Наприклад, прийнято вважати, що 1 кг азотних добрив еквівалентний 80,22 МДж, 1 кг гербіциду — 264,6 МДж, 1 л дизельного пального — 47,88 МДж, зрошування 1 га посівів — 44 444,4 МДж, утримання однієї дійної корови щорічно — 17 798,78 МДж і т. д.

Проаналізувавши тенденції зміни величини антропогенної енергії, що вносились в агроєкосистеми впродовж ХХ ст., М. Ф. Реймерс (1990) сформулював закон зниження енергетичної ефективності сільсько-господарського природокористування. Згідно з цим законом, підвищення врожайності сільськогосподарських культур і товарності тваринництва вимагає на кожну одиницю продукції витрачання все більшої і більшої кількості антропогенної енергії.

Під агроєкосистемами в світі зайняті великі площі (табл. 11.1). Рілля, плантації, сади і сіяні луки займають 19 млн км², пасовиська і природні луки — 28,6 млн км². Загалом сучасна агросфера охоплює понад 10 % поверхні суходолу, зайнятої ріллею, ще 20 % зайнято сіножатями і пасовиськами. Для отримання їжі і корму частково використовують також лісові угруповання. Все це разом становить 32 % площі суходолу. За даними ФАО ООН, на початок 90-х років у світі вирощували 1 млн 226 тис. голів великої рогатої худоби, 1 млн 138 тис. овець, 774 тис. свиней, близько півмільйона кіз і понад 7 млн свійської птиці.

Таблиця 11.1. Світові земельні ресурси за станом на 1989 р., млн га

Регіон	Рілля	Пасо- виська	Ліси й чагарники	Інші землі	Всього
Африка	184	762	695	998	2639
Північна і Центральна Америка	274	362	660	991	2287
Азія (без колишнього СРСР)	455	644	528	492	2119
Європа (без колишнього СРСР)	140	85	155	88	468
Колишній СРСР	232	373	925	985	2519
Австралія та Океанія	49	427	158	297	931
Світ загалом	1473	3110	4053	4443	13079

Структура харчування людини включає чималу кількість продуктів тваринництва, насамперед м'яса і молока. Для отримання цієї продукції худобі згодовують від 33 до 40 % продукції рослинництва, насамперед фуражного зерна. З еколого-енергетичного погляду тваринництво не вигідне. Трансформування біомаси з рослинної у тваринну зменшує її кількість майже в 10 разів. Для мешканців СНД пересічне споживання продуктів харчування становить 2080 г на добу, з них близько 60 % припадає на рослинні продукти (табл. 11.2).

Свійські тварини існують у штучному середовищі, яке імітує компоненти екосистем, необхідні для їхнього життя, і створює мікроклімат,

найсприятливіший для тварин. Ферми, тваринницькі комплекси, птахофабрики та інші подібні об'єкти включають будівлі, кормороздавачі, теплоізоляційні конструкції водопровідну мережу та інші об'єкти, що забезпечують потреби тварин. Усі ці об'єкти є складною системою виробничих будівель, тварин і людини, яка доглядає за тваринами і підтримує функціонування технічних споруд. Розведення тварин упродовж ХХ ст. все більше зв'язувалось з тактикою концентрування поголів'я на фермах, комплексах та інших подібних об'єктах. Саме концентрування спричинило безліч важких проблем галузі.

Технічна імітація екологічного середовища, сприятливого для тварин, має свої негативні риси. У тваринницьких приміщеннях усе частіше стає шумно. Це викликає у тварин стресовий стан, а в птиці навіть особливе захворювання “шумова істерія”. Тваринницькі комплекси насичені електромагнітними полями. Концентрування тварин і підвищена щільність їхнього утримання, спричинені економією засобів для будівництва тваринницьких приміщень, призводять до спалахів інфекційних захворювань. Територія в цьому разі стає лімітуючим екологічним чинником. Тварини позбавлені вільного вибору корму, як у разі пасовищного утримання, пропоновані їм раціони не індивідуалізовані і часто не задовольняють потреб тварин. Це позначається не лише на кількості продукції, а й, особливо, на її якості.

Перероблення рослинного корму на тваринницьку продукцію, тобто його біоконверсія у різних тварин неоднакова. Найвигідніші у цьому плані свині, які для створення 1 кг продукції потребують 8 кг рослинного білка. Велика рогата худоба екологічно “найдорожча”. Тут для виробництва 1 кг продукції необхідно 20 кг рослинного білка. Екологічно дешевше від розведення свиней тільки розведення птиці. Бройлерам достатньо 5—6 кг рослинного білка для нарощування 1 кг м'яса. В найпрогресивніших системах розведення бройлерної птиці 2 кг корму можуть перетворюватися на 1 кг живої маси. Підвищення коефіцієнтів біоконверсії є важливим резервом екологізації тваринництва.

Велика частка м'яса і молока в раціонах харчування вимагає більшої продуктивності від агроєкосистем. Так, якщо споживання м'яса у світі довести до рівня його споживання у США, то виробництво зерна потрібно подвоїти, що нереально. Необхідно інше: населенню

Таблиця 11.2. Споживання продуктів харчування мешканцями СНД

Вид продукту	Споживання, г/добу
Хлібні вироби	330
Картопля	265
Овочі і баштанні	400
Фрукти	270
М'ясо і вироби з м'яса	205
Риба і вироби з риби	50
Яйця і яєчні продукти	40
Молоко і молочні продукти	520
Всього	2080

розвинених країн слід відкинути парадигму споживання стосовно м'ясо-молочних продуктів і стати на шлях самообмеження.

Загалом зменшити навантаження на природне середовище з боку сільського господарства можна лише одним способом — зниженням положення людини в ланцюгу живлення за рахунок збільшення в її харчуванні частки рослинних продуктів.

З погляду дієтетики виробництво м'ясо-молочних продуктів і яєць тією чи іншою мірою неодмінне, оскільки багато видів тваринної їжі легше перетравлюється і багатші на деякі потрібні для організму речовини, зокрема білки і незамінні амінокислоти. Хоча орієнтація на переважне харчування м'ясо-молочними продуктами, характерна для деяких країн світу, не має медичного обґрунтування. Якби нині населення економічно розвинених країн різко скоротило споживання м'яса, молока, вершкового масла та інших продуктів тваринництва і перейшло на тип харчування населення країн, що розвиваються, для якого характерне переважне використання рослинницької продукції, то зерна, що використовується на корм тваринам, вистачило б для харчування ще 2—3 млрд людей.

Крім кількості вироблюваного продовольства чимале значення має його якість. У поняття якості продовольства поряд з іншими показниками входить його екологічна чистота. У країнах СНД немає чітких стандартів на екологічну чистоту сільськогосподарської продукції. Проте в країнах Європи вони вже розробляються. Наприклад, у Німеччині дозволено продавати зерно пшениці, яка містить менш ніж 0,12 кадмію і менш ніж 0,35 мг/кг сухої речовини свинцю. За нормами ВООЗ, добове надходження нітратів з їжею повинно бути меншим ніж 255 мг для людини масою 70 кг або 3,6 мг/кг маси тіла людини. Тому з погляду споживача для агросистем дуже важлива екологічна чистота середовища існування рослин і тварин. Його забруднення спричинює зниження врожаїв, продуктивності худоби і погіршення якості сільськогосподарської продукції.

Для стійкого існування агроєкосистем необхідне постійне поповнення їх тими видами матеріальних ресурсів, які споживають рослини і тварини в процесі функціонування. Цей процес призводить до докорінної зміни потоку енергії й колообігу речовини в агроєкосистемах. Природна стабільність екосистеми втрачається. Тому стабільність, необхідна для господарської стійкості агроєкосистем, досягається іншим методом — вкладанням додаткової антропогенної енергії. І чим простіша агроєкосистема, тим більше вона потребує такої енергії у вигляді ручної чи машинної праці, внесення добрив, пестицидів тощо. До початку ХХ ст. антропогенна енергія, що вносились у сільськогосподарське виробництво, була людською працею і роботою сільськогосподарських тварин (переважно це були

кінь або віл). У процесі індустріалізації сільського господарства характер антропогенної енергії істотно змінився.

Світову стратегію сільськогосподарського природокористування багато в чому визначила стратегія, розроблена в 1945 р. продовольчою організацією ООН — ФАО. Спочатку діяльність ФАО оцінювали позитивно. Однак в останні роки гострій критиці піддаються самі стратегічні пріоритети, якими керувалася ФАО. Це був загальний курс на інтенсифікацію сільського господарства, орієнтація країн, що розвиваються, на монокультури, повсюдне впровадження інтенсивних сортів, ігнорування тих методів ведення рослинництва і тваринництва, які віками вироблялися місцевими селянами. ФАО передбачила тісний зв'язок сільськогосподарських виробників з хімічною індустрією і створенням агропромислових комплексів. Ця організація послідовно проводила політику заохочувального поширення пестицидів і синтетичних мінеральних добрив. Саме ці пріоритети в їх комплексній дії спричинили кризову ситуацію агроєкосистем світу (Л. Браун, Дж. Янг, 1990).

Збільшення продовольчих ресурсів за останні десятиліття досягнуто за рахунок інтенсифікації галузі. Однак поки що лише в декількох країнах сільське господарство забезпечує населення продуктами харчування власного виробництва. Це Австралія, Канада, Нова Зеландія, США та ПАР. За даними ФАО ООН, до половини населення планети не отримує повноцінного харчування. В 1980 р. від недоїдання і голоду страждали не менш ніж 800 млн людей — це мешканці країн Африки, Південної Америки та південно-східної Азії, які розвиваються.

Інтенсивні методи в рослинництві насамперед почали вимагати нарощування темпів виробництва мінеральних добрив. Лише за період з 1930 по 1960 р. їхня кількість зросла в шість разів. Основну увагу було приділено головним мінеральним речовинам, які споживають рослини: азоту, фосфору і калію. У вигляді добрив їх пересічно застосовують у співвідношенні 1 : 1,5 : 3. Споживання цієї удобрювальної тріади впродовж останніх 100 років подвоювалось кожні 10 років і до кінця століття досягло значних кількостей (табл. 11.3). Щоправда, пропорційного відгуку в обсягах вироблюваного продовольства і рослинної сировини добрива не дали.

Світове виробництво добрив безперервно зростає. В 1960 р. їх виробляли 30 млн т, у 1970 р. — 71, у 1983 р. — 124, у 1992 р. — 146, а до 2000 р. обсяг їх виробництва за прогнозами перевищить 300 млн т (В.А. Ковда, 1975). Дози їх внесення дуже змінюються. В аридному поясі Африки вони не перевищують 9 кг/га, а в Західній Європі і Китаї досягають 270 кг/га.

Україна нарощувала використання мінеральних добрив дуже інтенсивно. В період із 1960 по 1970 р. на 1 га посівів їх пересічно

Таблиця 11.3. Маса азотної, фосфорної і калійної складових для мінеральних добрив на кінець століття, млн т (за Б. Скіннером, 1989)

Країна	Азот	Фосфор	Калій
США	14,2	53,6	2,2
Колишній СРСР	12,6	30,9	8,4
Китай	7,4	5,5	—
Індія	2,9	0,6	—
Канада	2,2	—	6,8
Німеччина	3,2	—	6,1
Марокко	—	19,7	—
Туніс	—	4,6	—
Всього у світі	71,5	138,6	27,4

припадало 46 кг, а в 1985—1990 рр. — вже 146,8 кг. На душу населення вносилося 85 кг добрив щорічно.

Широке застосування мінеральних добрив завдало великої шкоди природному середовищу. Евтрифікація водойм, зменшення біологічної різноманітності, забруднення питної води нітратами та багато інших явищ є прямим наслідком застосування в землеробстві високих доз добрив. Добрива поступово призводять і до радіоактивного забруднення природного середовища. Найменш небезпечні в цьому плані азотні добрива, оскільки їх виробництво пов’язане з отриманням синтетичного аміаку з молекулярного азоту повітря і водню. Гірший стан справ із фосфорними і калійними добривами, які отримують з природної сировини (табл. 11.4).

Таблиця 11.4. Радіоактивність мінеральних добрив (за даними М. І. Прищеп та ін., 1993)

Добриво	Випромінювання, імпульс/с	Щільність потoku частинок, <u>частинка/см²</u> хв		Потужність еквівалентної дозы γ-випро- мінювання, мкЗв/год
		α-частинки	β-частинки	
Сечовина	1,38	0,096	2,7	0,09
Аміачна селітра	1,27	0,06	2,6	0,09
Сульфат амонію	1,37	0,12	3,8	0,10
Суперфосфат	1,85	0,26	4,1	0,61
Фосфоритне борошно	2,89	0,27	7,5	0,24
Хлористий калій	14,64	0,10	48,3	1,43
Калійна сіль	12,90	0,14	39,2	1,16
Калімагnezія	6,67	0,08	23,3	0,61
Доломітове борошно	2,0	0,96	5,1	0,14
Сланцева зола	2,18	0,19	5,9	0,18
Амофос	1,70	0,19	3,9	0,12
Азофоска	4,32	0,12	10,8	0,39

Разом з ними в добрива потрапляють, хоча й у невеликих кількостях, радіоактивні речовини, вони акумулюються в орному шарі ґрунту і в разі тривалого застосування таких добрив ґрунт набуває небезпечної радіоактивності. З таких ґрунтів радіоактивні ізотопи поглинають рослини і вони потрапляють у біомасу врожаю. Особливо сумнівні у цьому плані марокканські фосфорити.

Після аварії на Чорнобильській АЕС ґрунти агроєкосистем великих територій багатьох країн виявились забрудненими радіонуклідами, в тім числі стронцієм-90, що має довгий період піврозпаду. Це вимагає коригування системи добрив і ретельного контролю якості продукції, оскільки стронцій надходить у рослини й нагромаджується в урожаї. Коефіцієнти переходу стронцію-90 в біомасу врожаю (зерно в зернових культур, коренеплоди в буряків, зелена маса в кукурудзи на силос чи сіно) наведено в табл. 11.5.

Індустріалізація сільського господарства потребує зміни темпів і напрямів селекційної роботи. Робота щодо створення нових сортів і порід відбувалася в два етапи. На першому, початок якого датується неолітичною революцією, відбувалося відбирання бажаних форм із природно змінюваної різноманітності особин, на другому, що розпочався у ХХ ст., селекціонери перейшли до активного перетворення вихідних форм шляхом гібридизації, штучної поліплоїдії і реконструкції генома. З'явилися трансгенні сорти рослин і породи тварин. Наприклад, створено сорти пшениці, в геноми яких вдалося вбудувати гени сої і гороху, що підвищило вміст у зерні високоцінних білків.

Вигідною культурою для годівлі овець є люцерна, але її білок

Таблиця 11.5. Коефіцієнти переходу стронцію-90 в урожай сільськогосподарських культур, (Бк/кг)/(кБк/м²)

Культура	Тип ґрунту	
	Дерново-підзолистий	Чорнозем
Пшениця озима	1,0—0,03	0,1
Жито	1,0—0,3	0,1
Пшениця яра	3,0—1,0	0,3
Овес	6,0—1,4	0,4
Ячмінь	5,0—1,5	0,4
Горох	7,0—2,0	0,6
Гречка	5,0—1,5	0,2
Кукурудза (на силос)	12,0—3,0	1,2
Сіно	60,0—45,0	—
Картопля	2,6—0,8	0,1
Буряк столовий	6,0—1,5	0,3
Капуста	1,2—0,4	
Льон	5,0—1,5	—

містить мало амінокислоти цистеїну, необхідного організму вівці для синтезу білків вовни. В Австралії успішно підсадили в генوم люцерни ген синтезу альбуміну, і така люцерна почала повністю задовольняти овець за якістю білків.

Підсумки діяльності селекціонерів досить вражаючі. Для всіх основних сільськогосподарських культур нині створено досить продуктивні сорти. Дикорослі предки основної продовольчої культури — пшениці, наприклад, не дають навіть 1 ц зерна з 1 гектара, а її сучасні сорти за розрахунками відомого українського селекціонера В. М. Ремесло мають можливу врожайність до 142 ц/га, а потенційну — вдвічі більшу. Завдяки селекції створено групи так званих інтенсивних сортів. Це сорти більш урожайні, з цінним набором господарських ознак і великою чутливістю на високий агрофон.

Однак у ході процесу підвищення продуктивності, як ціна за неї, культурні сорти і породи втратили стійкість до хвороб, бур'янів і шкідників. Сучасні сорти культурних рослин і породи домашніх тварин у навколишньому природному середовищі без підтримки людини існувати не можуть. Цей “захист” власних годувальників коштує людині все дорожче і дорожче, вимагає додаткових витрат матеріальних ресурсів і енергії.

Ілюзорним виявився і прогрес, досягнутий за рахунок інтенсифікації галузі. Справді, за останні 10 років виробництво сільськогосподарської продукції зросло на 25 %, але ринкові ціни на неї зросли на 100 %, а реальні доходи фермерів збільшились лише на 15 %. Індустріалізація сільського господарства супроводжувалась підвищенням ефективності та інтенсивності праці в цій галузі. Однак сільськогосподарський працівник був змушений “годувати” (і реально це забезпечував) продовольством все більше число промислових працівників, службовців і керівного персоналу. Так, якщо у Франції в 1979 р. один сільськогосподарський працівник “годував” 30 чоловік, то до 2000 р. число його утриманців зросло до 140 чоловік (С. Perrot, 1997).

Аналізом розвитку світового сільського господарства встановлено, що співвідношення між зростанням урожаїв сільськогосподарських культур і витратами становить $1 : 2 : 5 : 10$, де 1 — приріст сільськогосподарської продукції; 2 — приріст витрат на механізацію виробництва; 5 — приріст вкладень у добрива; 10 — приріст вкладень у пестициди. Протилежне співвідношення між чисельністю сільського населення та енерговитратами на виробництво сільськогосподарської продукції на прикладі США видно з рис. 11.1.

Отже, додаткова продукція обходиться людині все дорожче. Структура енергетичних витрат склалася такою, що найбільша їх частка припадає на азотні добрива та енергоносії (табл. 11.6).

Неефективність інтенсифікації сільського господарства як дов-

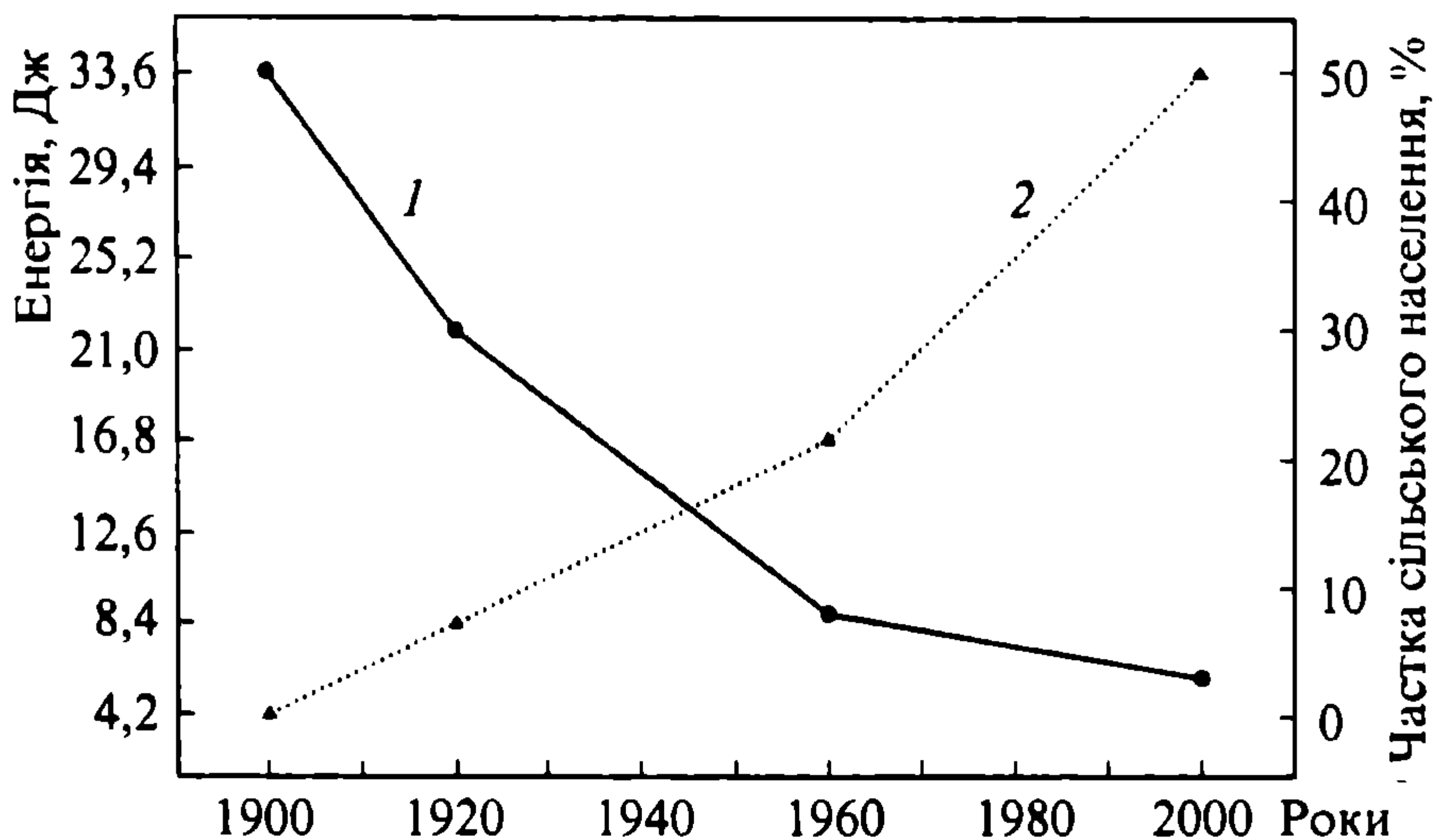


Рис. 11.1. Динаміка чисельності сільського населення (1) та енерговитрат (2) на виробництво продукції впродовж ХХ ст. у США

готривалої стратегії в колишньому СРСР і в Україні видно з табл. 11.7, де наведено дані про посівні площі і врожайність зернових культур в Україні за період з 1913 по 1996 р. Видно, що врожайність зросла лише в два-три рази, хоча внески матеріально-технічних ресурсів у галузь збільшились у десятки і сотні разів.

Нестача у складі продовольства тваринного білка спричинила необхідність інтенсифікації морського рибальства. До кінця століття воно почало давати понад 1 млн т рибопродуктів. Однак і в цій сфері виявились негативні процеси — запас цінної риби у Світовому океані почав катастрофічно зменшуватись — і не лише внаслідок перевиловлювання, а й у результаті сильного забруднення шельфу промисловими і сільськогосподарськими відходами. “Голуба революція” у виробництві продуктів харчування до кінця століття виявилась під загрозою.

У зв’язку з комплексом негативних явищ у сільському господарстві з 1985 р. Європейський союз проводить нову аграрну політику. Європейські пріоритети орієнтуються

Таблиця 11.6. Структура енерговитрат у сільському господарстві

Вид ресурсу	Енерговитрати, %
Азотні добрива	43
Пальне	29
Машини і споруди	14
Насіння	6
Фосфорні добрива	4
Калійні добрива	2
Пестициди	1
Затрачена праця	1

Таблиця 11.7. Площі посівів і врожайність зернових в Україні

Рік	Площа посівів, тис. га	Врожайність, ц/га
1913	24 697	9,4
1940	21 385	12,4
1990	14 583	34,9
1996	12 506	19,6

на екологічний імператив і вже починають давати перші позитивні результати. У США та інших розвинених країнах світу також усе більшого розвитку набуває рух за використання сільськогосподарських систем, що відповідають концепції LISA — низьковитратне збалансоване сільське господарство.

У США прийнято рішення не засівати з 1993 р. 4,2 млн га земель. Їх можна як виняток використовувати лише для вирощування культур, які далі переробляють на біопаливо. Тут затверджено програму повного консервування на 10 років 18,2 млн га сільськогосподарських земель. На таких резервних землях навіть не дозволяють заготовляти сіно. Це можна робити лише в окремі роки, в терміни, коли повністю завершується гніздування у птахів і щоразу за особливим дозволом Департаменту землеробства США.

В усіх розвинених країнах світу розпочато виплачування компенсації за залуження берегів річок і ставків і відмовляння від осушення. Більше того, фермери, які відмовляються від отримання компенсації й не виконують цих заходів, позбавляються пільгових кредитів і пільгової оплати в разі продажу продукції.

Епоха інтенсифікації сільськогосподарського землекористування чітко починає замінюватись на епоху екологічної конверсії землеробства і тваринництва.

Специфіка сільськогосподарського забруднення природного середовища

Десять тисяч років тому назад на Землі було 4,5 млрд га потенційно орних ґрунтів. Це одне з найважливіших ресурсних джерел має тенденцію скорочуватись в основному внаслідок втрати родючості ґрунту та ерозії. Територія, придатна для розміщення агроєкосистем, втрачається також у процесі урбанізації, спорудження транспортних мереж, займається відвалами гірських порід, ложами водосховищ і звалищами. У колишньому СРСР з 1960 по 1986 р. площа орних ґрунтів у розрахунку на одного мешканця зменшилась з 1,03 до 0,81 га. А всього у світі за роки існування людської цивілізації втрачено 2 млрд га, тобто 44 % орних ґрунтів. За розрахунками Г. Вальмейєра (1992), на початок ХХІ ст. людство втратить ще 18 % ріллі внаслідок ерозії і засолення. Одне лише вторинне засолення ріллі вивело з ладу 2,75 млн га родючих земель, які могли б прогодувати 9 млн чоловік. Нині резервної ріллі в світі залишається близько 1 млрд га і майже вся вона в тропіках.

Загалом, на початку століття на одного мешканця Землі припадало 0,3 га ріллі, а до 2000—2025 рр. за прогнозом ця величина зменшиться до 0,12 га (табл. 11.8).

Земельний фонд України становить 60,4 млн га (А. О. Бабич, 1996). Розораність території дорівнює 59 %, що вище, ніж у США та більшості

Таблиця 11.8. Пересічна площа ріллі у світі в розрахунку на одного мешканця за період 1950—2000 рр.

Рік	Площа ріллі, га
1950	0,23
1960	0,21
1970	0,18
1980	0,16
1990	0,14
2000 (прогноз)	0,12

Таблиця 11.9. Чисельність населення і площа орних земель у деяких країнах Європи

Країна	Населення, млн чоловік	Рілля, млн га
Україна	50,8	34,3
Велика Британія	58,3	6,1
Німеччина	81,3	11,7
Італія	57,2	9,0
Франція	57,7	18,1

країн Європи. В Європі за цим показником Україну переважає лише Велика Британія, де в сільськогосподарському використанні перебуває 85 % території (табл. 11.9).

За останні 30 років промислово-індустріального розвитку України і забруднення ґрунту радіонуклідами після Чорнобильської аварії площа ріллі, що припадала на одного мешканця, зменшилась на 20 %. Використовується земельний фонд України дуже інтенсивно (табл. 11.10). Територія істотно змінена численними гірничими і шахтними роботами, дамбами і водосховищами (Є. Ф. Шнюков та ін., 1993).

Україні властивий високий відсоток зарегульованості стоку річок. Він становить 72 %. На Дніпрі створено шість великих водосховищ, а в цілому басейні цієї річки їх 504. Загальна площа їхнього дзеркала дорівнює 766,9 км², об'єм води в них — 2,2 км³. Крім цього, у басейні Дніпра є 127 570 ставків і ставів, у яких зосереджено 1,54 км³ води. Не в кращому стані перебувають і інші річки України. В усіх водосховищах різко сповільнений водообмін — він у 10—30 разів повільніший від природного. На великій території підійнявся рівень стояння ґрунтових вод, що супроводжується розвитком процесів заболочування і засолення. Ефективність використання запасів води у водосховищах низька: 20—30 % води, що подається на поливання, витрачається, а екологічні збитки від водосховищ очевидні. Крім цього, на утримання дамб витрачаються великі кошти, а в разі прориву однієї

Таблиця 11. 10. Використання земельного фонду України (за В. Ф. Сайко, 1997)

Показник	Структура використання землі, млн га
Загальний земельний фонд	60,4
Сільськогосподарські угіддя	39,4
Рілля	22,3
Посівна площа	21,6
Природні кормові угіддя	16,3

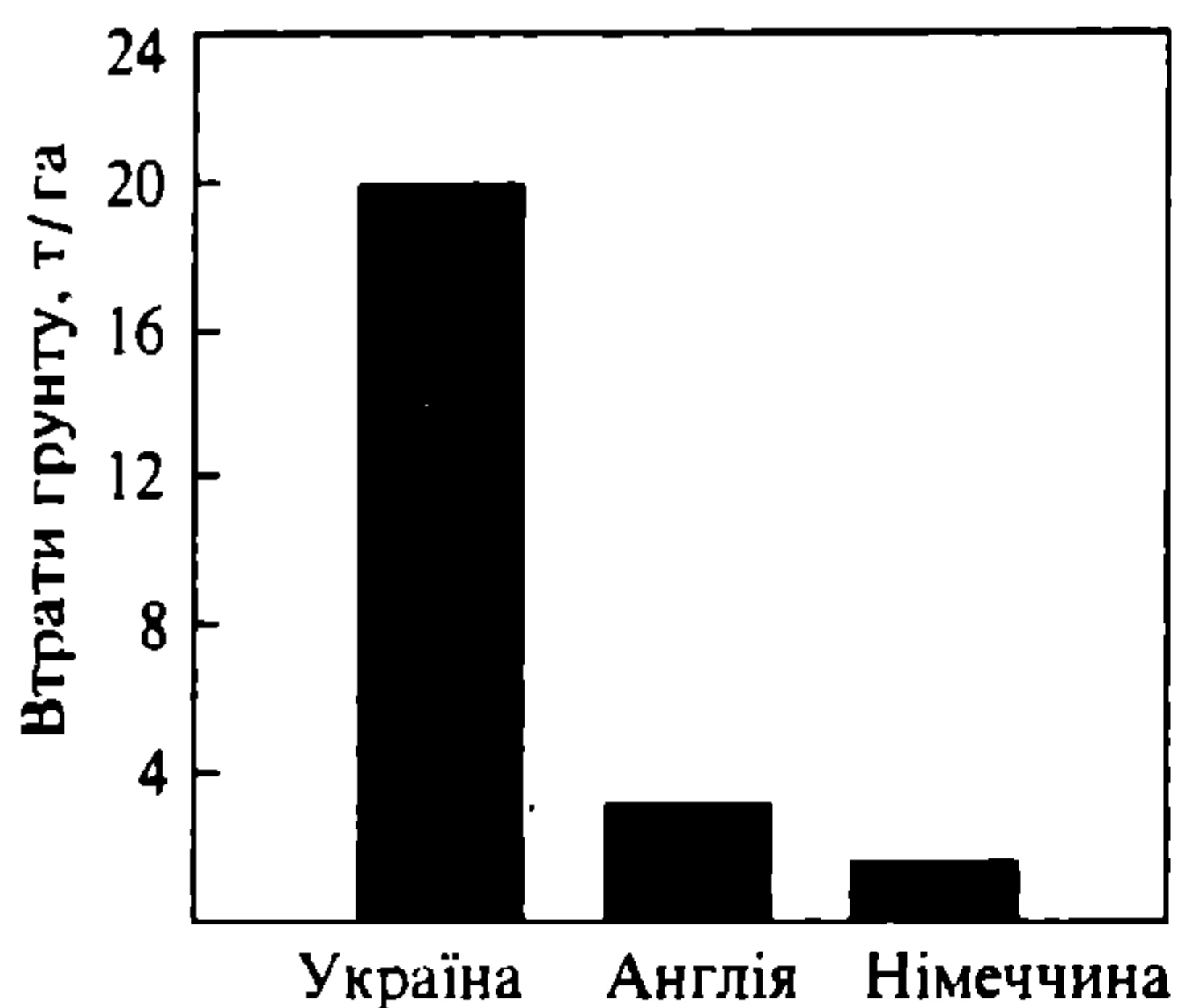


Рис. 11.2. Пересічні втрати ґрунту від ерозії в різних країнах світу

з дамб за наявності цілого каскаду водосховищ доводиться враховувати можливість величезної екологічної катастрофи.

Екологічна неповноцінність прийнятої в світі стратегії сільськогосподарського виробництва виражається в тому, що в агроєкосистемах відбувається ерозійна деградація ґрунтів: втрата гумусу і вимивання поживних речовин з кінцевою втраченою родючістю. Ерозія — найнебезпечніший для ґрунтів агроєкосистем

процес. **Ерозією** називають руйнування ґрунту, що відбувається під впливом вітру, води або механічної дії. Сільському господарству ерозійні процеси завдають великих збитків. Під впливом ерозії перебуває 65 % поверхні суходолу. За вираженістю ерозійних процесів Україна набагато переважає європейські країни (рис. 11.2).

Водна ерозія буває поверхневою, лінійною, береговою та іригаційною. *Поверхнева ерозія* полягає у винесенні верхнього родючого шару ґрунту з поля дощовими і талими водами в річки й озера. В разі *лінійної ерозії* вода стікає в яри і балки, потік захоплює не лише ґрунт, а й материнські гірські породи. В Україні цього виду ерозії зазнають легкі піщані ґрунти Полісся. *Берегова ерозія* полягає у підмиванні берегів проточною водою. *Іригаційна ерозія* відбувається в разі порушення норм і правил поливу.

Внаслідок водної ерозії прогресує яружна мережа. І. П. Ковальчук та ін. (1990) під час обстеження басейну Дністра встановили, що густота ярів тут до 2,59 км/км² території і швидкість їх росту 0,1—2,6 м/рік на вершину яру. Це явище частіше спостерігається в Кіровоградській, Херсонській і Дніпропетровській областях. У гірських районах змивання ґрунту відбувається під впливом селевих потоків.

Вітрова ерозія пов'язана з винесенням ґрунту вітром. Іноді під час сильних вітрів зі швидкістю 15—20 м/с виникають пилові (чорні) бурі. У США внаслідок вітрової ерозії щорічно втрачається 2 млрд т ґрунту. Ґрунти найродючішого регіону країни — Великих рівнин упродовж останніх 40 років втратили 30 % гумусу. В Україні вітровою ерозією охоплено до 19 млн га ріллі. В 1969 р. пилова буря знищила тут близько 1 млн га посівів озимої пшениці (М.Т. Масюк, 1989).

Ерозійні процеси розвинені особливо сильно у Степовій зоні України. Так, у Донецькій області еродовано 78 % усіх сільськогосподарських угідь. За даними Г. А. Можейко та Д. О. Тимченко (1990), втрати ґрунту від вітрової ерозії становили: у північній і західній частинах України — 0,1—3,0 т/га

щорічно, у центральних районах — 8,5—31, у південному Донбасі — 18—56, у Південному і Сухому Степу — 72—135,5, у степовому Криму — 8—24 т/га.

Боротьба з ерозією є центральною проблемою сільського господарства. Вона полягає у використанні мінімального або нульового обробітку ґрунту, у смуговому розміщенні культур, використанні мульчі. Добрі результати дають контурне землеробство і терасування схилів.

Родючість орних ґрунтів багато в чому визначається вмістом у них гумусу. 100 років тому назад гумусованість ґрунтів України становила 4,2 %, а нині вона дорівнює 3,2 %. Отже, з урахуванням площі ріллі країни, щорічно втрачалось 24,0 млн т гумусу. Для бездефіцитного балансу гумусу потрібно було вносити 10—11 т/га органічних добрив. За статистикою їх вносять лише 8,6 т/га, а фактично і ще менше.

Ресурсами в сільському господарстві користуються відповідно до екологічного закону, згідно з яким отримання багатьох видів ресурсів (поживних речовин, води та ін.) пов'язане з їх вилученням із біогеохімічних колообігів. Цей процес особливо масштабний для поживних мінеральних речовин — азоту, фосфору, калію та ін. Виснаження ресурсів поживних речовин в агроєкосистемах змушує компенсувати їх дефіцит внесенням добрив.

Серйозною екологічною проблемою є залишкові кількості мінеральних добрив, які після внесення на поля не повністю вбираються рослинами і нагромаджуються у ґрунті або, що найнебезпечніше, надходять у ґрунтові води і водойми. Повнота використання корисних речовин із добрив невелика. Так, з нітратних і аміачних добрив засвоюється лише 40 % азоту, а з органічних — не більше 20 %. До того ж погане зберігання, порушення норм і строків внесення призводять до їх виносення за межі агроєкосистем.

Широке використання у сільському господарстві азотних добрив призводить до сильного забруднення водойм і ґрунтових вод нітратами (Я. Пругар, А. Пругарова, 1991, Г. А. Воробейников, 1992). Шкідливість нітратів, які викликають захворювання людини і тварин, було виявлено ще в 1945 р. До них чутливі організми і дорослих, і, особливо, дітей. У немовлят у віці до трьох місяців у разі потрапляння в організм нітратів з їжею або водою розвивається особливе захворювання — метгемоглобінемія. Воно полягає в тому, що під впливом нітратів гемоглобін крові перетворюється на метгемоглобін, який не здатний переносити кисень.

Про прямий зв'язок забруднення природного середовища нітратами і добривами, які вносяться у ґрунт, свідчить детальний аналіз, виконаний В. Аманн і М. Шустер у Німеччині в період з 1950 по 1980 р. За цей інтервал часу дози внесених добрив зростали пересічно

Таблиця 11.11. Здатність різних сільсько-господарських рослин нагромаджувати нітрати в урожаї (за Ю. Буфе, 1986)

Рослина	Нагромадження нітратів, мг/кг сирої маси*
Томати	10—100
Шпинат	20—3890
Огірки	20—300
Квасоля	80—822
Капуста білоголова	10—3230
Капуста цвітна	62—664
Буряк столовий	150—5700
Редька	300—3770
Селера	10—3640
Редис	80—3383
Картопля	10—300

* Інтервал нагромадження нітратів залежить від застосовуваної системи удобрення.

з 25 до 120 кг/га і паралельно з цим вміст нітратів у ґрунтовій воді збільшувався з 22 до 80—82 мг/л.

У Чехії за останні 25 років концентрація нітратів у ґрунтових водах зросла з 4 до 25 мг/л. За даними Н. І. Опополь (1991), населення СНД отримує щодобово нітратів в Узбекистані — 240 мг, у Білорусі — 74—182, в Україні — 167, у Молдові — 90—101 мг, в той час як добова норма не повинна перевищувати 50 мг. Це спричинило необхідність введення спеціальних ГДК на нітрати у питній воді. Однак ступінь шкідливості нітратів для організму людини вивчений поки що недостатньо і в різних країнах ці нормативи широко варіюються.

Здатність рослин до нагромадження нітратів істотно відрізняється в різних видів і сортів (табл. 11.11). У цьому напрямі нині проводиться велика селекційна робота, яка по-

винна завершитись створенням сортів, що вбирають і нагромаджують в урожаї мінімальні кількості нітратів. Зокрема, створюються такі сорти картоплі в Україні в селекційному центрі при Сумському аграрному університеті під керівництвом М. Д. Гончарова.

Разом з мінеральними добривами на поля надходять невеликі кількості важких металів, сполуки яких токсичні для сільськогосподарських тварин і людини (табл. 11.12). Як баласт ці сполуки важких металів вбираються коренями рослин і потрапляють у біомасу

Таблиця 11.12. Вміст у мінеральних добривах важких металів, мг/кг добрива

Добриво	Залізо	Марганець	Мідь	Нікель	Хром	Свинець	Цинк	Кадмій
Апатит	710	49,5	11,3	3,5	1,75	89,8	7,50	0
Нітрофоска	360	67,5	11,3	6,0	3,30	14,8	9,00	0,03
Суперфосфат простий	643	113,5	32,0	6,0	3,30	15,3	17,50	0,25
подвійний	1467	455,0	1,0	15,0	6,80	31,8	17,30	0,48
Фосфоритне борошно	865	172,5	2,5	20,8	6,50	14,5	42,80	0,23
Нітроамофос	272	181,0	8,5	0,8	8,80	9,8	0,38	20,0

врожаю. За рахунок акумулювання важких металів гумусом орного шару ґрунту їх загальна кількість може досягати значень, небезпечних для здоров'я людини. Крім речовин, зазначених у табл. 11.12, у мінеральних добривах в невеликих кількостях залежно від місця отримання сировини для їх виробництва виявляються такі отруйні речовини, як арсен, цезій, ртуть, нікель, селен, олово, цирконій та ін.

Лише в 1988 р. у сільськогосподарські ґрунти колишнього СРСР з мінеральними добривами надійшло 2348 т міді, 2948 — цинку, 119 — свинцю, 45 — кадмію, 896 — нікелю, 1005 т — хрому. Згідно з розрахунком, за звичайної норми NPK на кожний гектар площі ґрунту було внесено 7,87 г міді, 10,25 — цинку, 0,21 — кадмію, 3,36 — свинцю, 4,22 — нікелю і 4,77 г — хрому. Важкі метали несприятливо позначаються на рості і розвитку рослин, а, потрапляючи в продукцію, погіршують здоров'я людини. Водночас ГДК важких металів у ґрунті досить суворі (табл. 11.13), але вони погано контролюються.

Населення отримує важкі метали в основному з продуктами харчування. Як видно з даних табл. 11.14, наявність у їжі важких металів чинить на здоров'я різнобічний несприятливий вплив.

Упродовж ХХ ст. на основі досягнень біохімії було відкрито спеціальні речовини, що пригнічують ріст і розвиток шкідників і хвороб сільськогосподарських рослин — *пестициди*. Якщо на початку століття для боротьби з шкідниками сільського господарства і бур'янами використовували лише декілька аресно- і мідевмісних сполук, то вже в середині століття відбувся різкий стрибок і число видів пестицидів досягло сотень і тисяч, а обсяги їх виробництва — мільйонів тонн.

Масштаби застосування пестицидів величезні. Їх виробництво у світі росте і вже перевищує 2 млн т за рік, що становить 0,4 кг на одного мешканця планети. У США в 1982 р. пестицидів застосовували стільки, що це становило 2,72 кг на одну людину за рік. В Україні загалом пестицидів застосовують 4 кг/га, у Криму — до 14—16 кг/га. В Узбекистані їх вносили до 20 кг/га. За даними ВООЗ, у 1991 р. в одних лише країнах, що розвиваються, на бавовникові поля було внесено 200 тис. т різних пестицидів. Вибірковість дії пестицидів не дуже вели-

Таблиця 11.13. Гранично допустимі концентрації важких металів у сільськогосподарських ґрунтах

Метал	ГДК, мг/кг ґрунту
Арсен	2,0
Ртуть	2,1
Свинець	32,0
Свинець +	20,0 +
+ ртуть	+ 1,0
Хром	0,05
Марганець	1500
Ванадій	150
Марганець +	1000 +
+ ванадій	+ 100
Стибій	4,5
Мідь	3,0
Нікель	4,0
Цинк	23,0
Кобальт	5,0
Хром	6,0

Таблиця 11.14. Деякі наслідки отруєння важкими металами
(за Л. С. Білокінь та ін., 1994)

Метал	Ознака отруєння
Свинець	Нервово-рухові розлади, зміни складу крові, порушення серцевої діяльності, ураження слизових шлунка і кишок
Ртуть	Головний біль, стоматит, порушення травлення, анемія, стомлюваність
Кадмій	Запаморочення, нудота, шлунковий біль, білок у сечі, набряк легенів, розширення серця, ракові пухлини
Хром	Ураження дихальних шляхів, рак легенів, поганий зір у темряві, виразкова хвороба, виразки на шкірі
Нікель	Головний біль, запаморочення, білок у сечі, порушення діяльності нервової системи, захворювання печінки, захворювання крові
Берилій	Гострий кон'юнктивіт, бронхіт, екзема на шкірі, порушення діяльності серцево-судинної системи
Мідь	Подразнення слизових оболонок, головний біль, нудота, болі в м'язах, ураження печінки і нирок, збільшення вмісту гемоглобіну в крові, зниження імунітету
Ванадій	Гостра алергія, нежить, екзема, зміна складу крові
Алюміній	Стомлюваність, задишка, схуднення, болі в шлунку, хвороба Альцгеймера, екзема, розм'якшення кісток
Олово	Ураження тканин легенів

ка. Вони виявляються токсичними не лише для організму-мішені, тобто шкідника сільського господарства, а й для корисної флори і фауни, а також для людини.

Ефекту, пропорційного величині їх застосування, пестициди не дали. У США за період з 1940 по 1980 р. втрати врожаю від шкідників, незважаючи на масове застосування пестицидів, зросли з 7,1 до 13 %, а від бур'янів за цей самий період — з 8 до 12 %.

У колишньому СРСР з 1960 по 1990 р. використання пестицидів зросло у сім разів, а врожайність зернових збільшилась лише з 14 до 17 ц/га. Зате в країні за статистичними даними за 70-ті роки внаслідок отруєння пестицидами загинуло (у відсотках до загального числа загиблих) зайців, диких кабанів і лосів — 40 %, качок, гусей і борової дичини — 77, риби у прісних водоймах — 30 %.

На прикладі Брянської області (Е. В. Просянніков, 1995) за 40-річний період була простежена чітка відповідність між масштабом застосування пестицидів і числом злоякісних захворювань у мешканців сільської місцевості, які за родом робіт пов'язані з сільськогосподарським виробництвом (рис. 11.3).

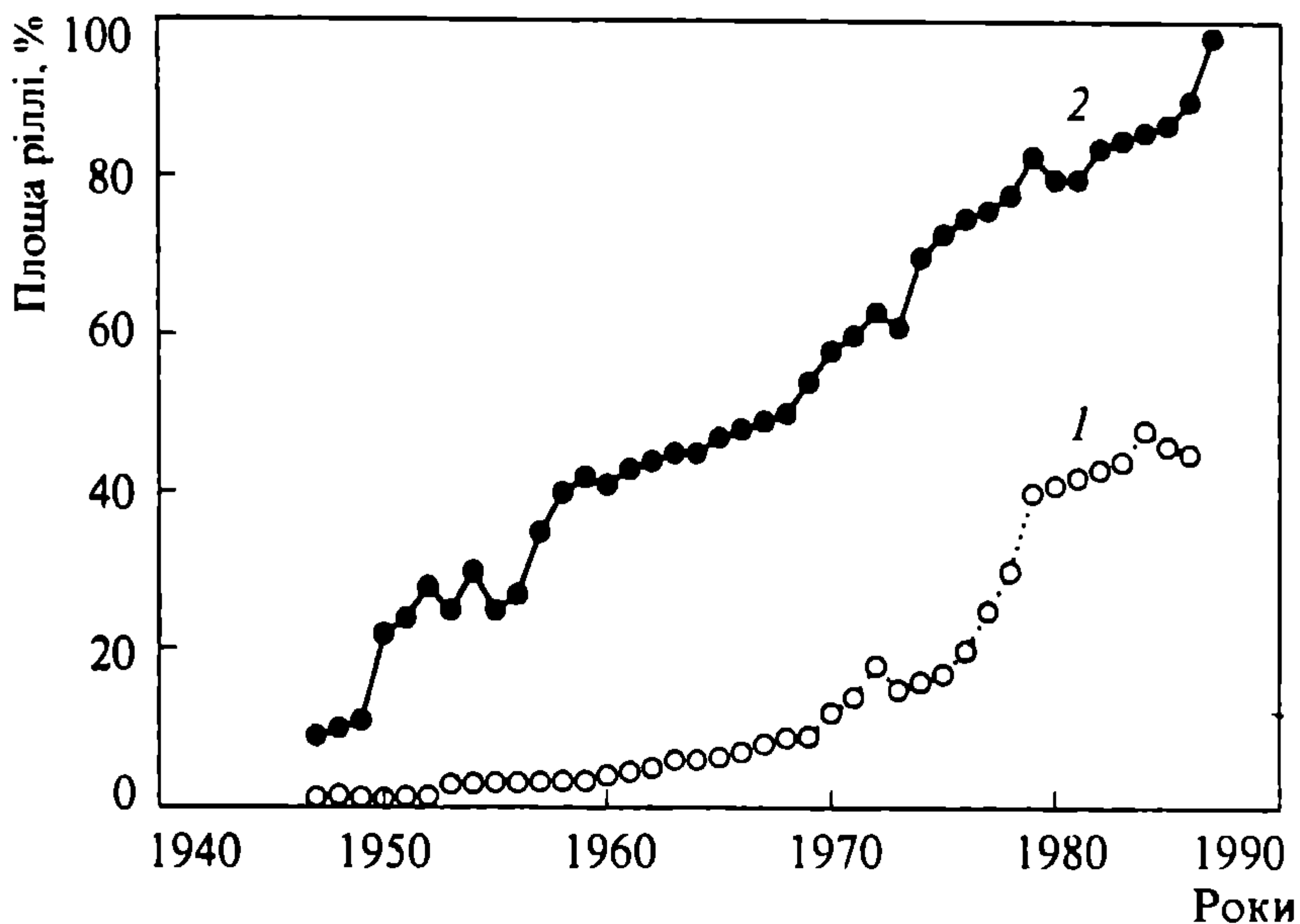


Рис. 11.3. Зв'язок площі ріллі, що обробляється пестицидами (1), з числом злжкїсних утворень у сїльського населення (2)

Під впливом пестицидів відбувається глибоке руйнування біомів, природне середовище збіднюється на корисні види рослин і тварин. Наприклад, у разі знищення фосфідом цинку піщанок у степах гинуть ще 15 видів гризунів. У прилеглих до полів водоймах гине риба. У США використання інсектицидів проти комарів спричинило майже повне знищення креветок біля узбережжя Флориди і Техасу.

Корисні тварини гинуть не лише від високих доз пестицидів безпосередньо. Частіше в них порушується репродуктивний цикл, а збіднення фауни є віддаленим і не завжди простежуваним результатом хімізації сільського господарства. Як відомо, під впливом ДДТ практично в усіх видів птахів шкаралупка яєць ставала такою тонкою, що яйця не витримували маси птаха, який їх висиджував, і роздушувались. У тварин, які витримали пестицидне навантаження, змінюються популяційні відносини, ієрархія тварин у зграї, що врешті-решт призводить до того самого ефекту — деградації природного середовища.

У силу екологічного закону концентрування хімічних речовин у ланцюгах живлення дія пестицидів найбільшою мірою виявляється на хижих тваринах, які займають у цих ланцюгах кінцеве положення.

Пестициди небезпечні не лише самі по собі, у ґрунті вони піддаються розкладанню і трансформуванню і продукти таких змін часто виявляються більш отруйними, ніж вихідний пестицид. Гербіциди явно “розпестили” агрономів. Замість точного дотримання сівозмін, ранніх боронувань і прополовань, ретельного приготування гною до внесення на поля вони почали розповсюджувати все більше і більше гербіцидів, а замість залучення в агроєкосистеми корисних тварин і підвищення

імунітету та стійкості рослин єдиною зброєю стало застосування інсектицидів і фунгіцидів.

Багато які з пестицидів дуже стійкі. Для руйнування в ґрунті ДДТ потрібно від 4 до 30 років, гептахлору — 3—5 років тощо, а ДДТ за 40 років масового застосування було вироблено не менш ніж 4,5 млн т.

До високостійких пестицидів належать широко застосовувані у світі симазин, атразин, пропазин. Такі пестициди проходять через серію ланцюгів живлення і в них концентруються. Від пестицидів більшою мірою страждають корисні хижі комахи і комахоїдні птахи, ніж самі шкідники. Наприклад, у роки широкого застосування ДДТ першими постраждали не шкідники, а рибоїдні птахи типу білоголового орлана. Популяції корисних тварин на полях, оброблених пестицидами, гинуть і від тимчасової нестачі корму.

Залишкові кількості пестицидів у продуктах рослинництва і тваринництва почали завдавати помітної шкоди здоров'ю людей. Застосування пестицидів у рослинництві призводить до того, що в світі щорічно реєструють від 400 тис. до 2 млн випадків отруєння ними (В. Ейхлер, 1993, Л.А. Юданова, 1989). У пестицидів виявлено канцерогенну і мутагенну дію.

Децис широко застосовувався для боротьби з колорадським жуком, але лише тепер з'ясували, що він шкідливий для розвитку дітей, і В. В. Довгуша та ін. (1993) цілком обґрунтовано порушили питання про заборону його застосування в сільському господарстві.

У бур'янів і шкідників швидко виробляється стійкість до пестицидів. Згідно з аналізом міжнародних організацій у 1940 р. стійких до пестицидів видів і форм шкідників не було, а в 1990 р. одних лише видів комах, стійких до пестицидів, відомо вже понад 400. Зареєстровано 25 видів основних шкідників сільського господарства, які вже не сприйнятливі до всіх сучасних інсектицидів. Внаслідок цього захист посівів коштує все дорожче, а собівартість продукції сільського господарства зростає.

У зв'язку з виникненням стійких до пестицидів бур'янів і шкідників їх шкідливість не зменшується. Так, у деяких тропічних країнах здавалося, що до початку 80-х років малярія буде повністю ліквідована за рахунок пестицидів завдяки знищенню комарів. Однак через десятиліття малярія почала повертатися знову і тепер її епідемія загрожує 89 країнам Африки й Азії.

Сама історія пестицидів свідчить про необхідність особливої обережності в разі їх використання. Після того, як було з'ясовано високу стійкість ДДТ та його аналогів, а також їх негативний вплив на багато живих організмів, застосування ДДТ було заборонено у більшості країн. Данія і Норвегія заборонили застосування ДДТ у 1969 р., США — у 1970, Швеція — у 1971 тощо. Тоді фірма "Байєр" (Німеччина) випустила друге покоління пестицидів, з яких найбільше поширення дістав хлорофос. Однак масове його

застосування довело, що він, як і інші фосфорорганічні пестициди (фосфомід, рагор), пригнічує активність ферментів крові і травного каналу, а також виявляє канцерогенну дію. Заборонили і цю групу пестицидів. Сучасні пестициди рекламуються як цілком безпечні препарати, однак всебічної перевірки на екологічну й медичну безпеку вони, як правило, не проходили.

Нагромадженню пестицидів у ґрунті сприяють деякі особливі чинники, що посилює небезпеку їх застосування. До таких чинників насамперед належить здатність пестицидів зв'язуватися з гумусом ґрунту і рослинники рештками. Вони тривалий час зберігаються в ґрунтах із низькою ферментативною активністю. Зростають стійкість і тривалість зберігання пестицидів у природному середовищі в місцевостях із сухим кліматом.

Реагують рослини й на багато промислових забруднень природного середовища. Наприклад, за концентрації сірчистого ангідриду в повітрі $0,1 \text{ мг/м}^3$ врожайність основних культур зменшується на $0,9\text{—}2,0\%$, а за концентрації $0,3 \text{ мг/м}^3$ — на $3\text{—}4\%$ (рис. 11.4).

Серйозним забрудником навколишнього природного середовища є сільськогосподарські тварини. При їх утриманні утворюється велика кількість відходів. Сумарний вихід одного лише гною у тваринництві дуже великий (табл. 11.15).

Гній і стічні води забруднюють ґрунт і водойми, а аміак і сірководень надходять в атмосферу. Кожна тисяча голів худоби дає щорічно до 60 м^3 екскрементів і рідких стоків. Об'єм рідких стоків

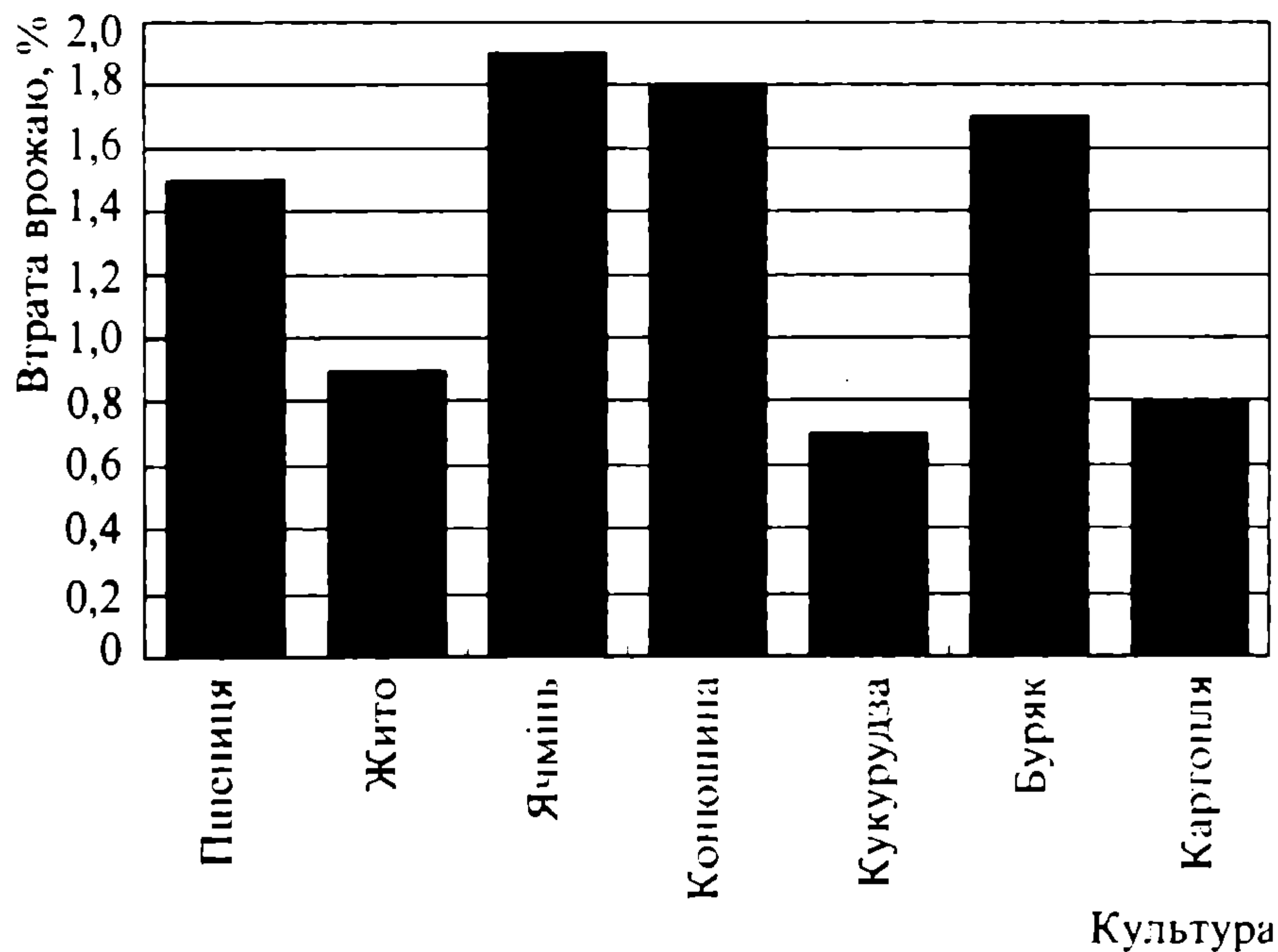


Рис. 11.4. Втрати врожаю деяких культур за наявності в повітрі $0,1 \text{ мг/м}^3$ оксиду сірки (IV)

Таблиця 11.15. Пересічний вихід екскрементів у деяких видів свійських тварин

Тварина	Вихід екскрементів, кг/добу
Кішур	11,1
Свиноматка	8,8—15,2
Свині на відгодівлі	3,5—6,6
Корова	55
Бугай	40
Теля	14—35

залежить від застосовуваного способу змивання підлог у тваринницьких приміщеннях. Родинна ферма усього на десять голів великої рогатої худоби щорічно дає 20 т твердих і до 40 м³ рідких відходів. Підраховано, що в Німеччині обсяг відходів тваринництва у п'ять разів перевищує обсяг побутових відходів і в шість разів обсяг промислових відходів. Крім цього, тваринницькі комплекси призводять до забруднення атмосфери пилом, що утво-

рюється переважно під час підготовки і транспортування кормів, аміаком і сірководнем.

Безпідстилкова технологія, що є основою на великих тваринницьких комплексах, призводить до отримання гною, який містить токсичні речовини. Крім цього, такі стоки важко використовувати як добриво.

У гної тривалий час зберігають життєздатність збудники багатьох хвороб (табл. 11.16). Якщо порушити правила переробки гною і

Таблиця 11.16. Зберігання життєздатності збудників хвороб у гною

Хвороба	Термін зберігання збудника, діб
Туберкульоз	Понад 16 місяців
Паратуберкульоз	11 місяців
Хвороба Ауескі	2 місяці
Рожа свиней	58—120
Бруцельоз	38—160
Ящур	11—168
Пастерельоз	72
Лістеріоз	93—260
Чума великої рогатої худоби	30
Африканська чума свиней	160
Паратиф великої рогатої худоби	150
Паратиф свиней	180
Паратиф овець	90
Паратиф коней	68
Мит	30—72
Стригучий лишай	61—99
Некробацильоз	50
Чума свиней	Понад 2
Ку-пропасниця	Декілька тижнів
Яйця глистів	Понад 6 місяців

вносити його на поля як добриво без попереднього знезараження, то інфекції швидко поширяться по великих регіонах.

Інтенсивне тваринництво, орієнтоване на максимізацію продукції, найбільшою мірою зіткнулося з найважчими екологічними проблемами. Річ у тім, що в кінці довгих ланцюгів живлення не може бути великої біомаси. Практика тваринництва нерідко ігнорує цей принцип і це завжди закінчується однаково — екологічним крахом такого роду технології. Водночас інтенсифікація породила в населення світу серйозну стурбованість якістю продовольства і станом природного середовища.

Серйозність агроєкологічних проблем посилюється тією обставиною, що вони спільні для всіх регіонів світу і для країн з різними соціальними системами. Перехід до приватного володіння землею, фермерство та орендарство за умов, що склалися в країнах, які виникли після розпаду СРСР, підвищує загрозу навколишньому середовищу. Нові володарі землі спочатку намагаються збільшити доходи й економлять кошти насамперед на природоохоронних заходах. Не дуже турбуються вони й про якість продукції. Тому цей соціальний сектор аграрної економіки вимагає державної підтримки і державного контролю. За підрахунками Л. Р. Брауна і Д. Е. Янга (1992), внаслідок деградації природного середовища світове виробництво зерна до початку третього тисячоліття щорічно зменшуватиметься на 1 %.

Труднощі розв'язання екологічних проблем у сільському господарстві пов'язані з тим, що сільськогосподарські забруднення мають, як іноді їх називають, "розмазаний" характер (Д. П. Глушенко, 1994), коли якість природного середовища погіршується, а конкретний винуватець відсутній. Різноманітність форм забруднень також ускладнює завдання оцінки якості природного середовища в агроєкосистемах. Для цього потрібний облік не менш ніж 45—50 показників. Все це вимагає для оздоровлення природного середовища у сільському господарстві не лише технологічних, а й соціальних та економічних рішень. Економічні оцінки тим більш важливі, що економічний ефект від застосування добрив завжди отримують за доз, менших від максимального врожаю.

Безвідходні технології в сільському господарстві

Примітивні землеробські системи, що були за своїм типом екстенсивними, відрізнялися вихідною екологічністю і низьковідходністю (Б.В. Андріанов, 1978). Звичайно, природне середовище в таких агроєкосистемах деградувало і навіть швидше, ніж у сучасних умовах, але при низькій чисельності населення вихід із цієї ситуації був простим: поле залишали і під рілля освоювали нову

ділянку. Далі природне середовище само “заліковувало” такі рани, тим більш успішно, що в примітивні агроєкосистеми не вносились ксенобіотики і крім рівня родючості ґрунту в них нічого принципово не змінювалось.

Експоненціальне збільшення чисельності населення та інтенсифікації сільськогосподарського виробництва спричинили збільшення антропогенних навантажень на агроєкосистеми, насичення їх пестицидами і добривами, підвищення внесків антропогенної енергії на кожну одиницю отримуваної продукції. Природне середовище в агроєсистемі почало деградувати. У країнах, що розвиваються, сільськогосподарські забруднення природного середовища особливо великі внаслідок утримання низькопродуктивних тварин. Для забезпечення потреб населення їх доводиться утримувати багато, що потребує більше корму і створює великі маси відходів.

Як видно з даних табл. 11.17, у країнах, що розвиваються, удої на корову у 8—10 разів нижчі, ніж у розвинених країнах, і ніж це дає змогу мати генетичний потенціал худоби. У напрямі підвищення продуктивності усіх видів сільськогосподарських тварин у країнах, що розвиваються, в тім числі й в Україні, захований важливий резерв захисту природного середовища від забруднення.

Для зменшення негативних впливів на природне середовище, пов’язаних із застосуванням мінеральних добрив, достатньо й простих, але послідовно застосовуваних заходів. За даними В. Є. Торикова і Л. К. Комогорцевої (1995), для цього насамперед необхідно: а) застосовувати добрива лише в збалансованих поєднаннях; б) використовувати екологічно безпечні дози азотних добрив; в) обов’язково застосовувати мікроелементи як добрива, особливо при підвищених дозах азотних добрив; г) використовувати сорти з високою нітроредуктажною еквівалентністю; д) високі дози азотних добрив вносити тільки частинами; е) організовувати токсикологічний контроль урожаю кормових і продовольчих культур.

Таблиця 11.17. Продуктивність великої рогатої худоби і споживання молока в розрахунку на одну людину в деяких країнах світу

Країна	Надої на одну корову, кг/рік	Споживання молока, кг/рік
Індія	505	1,9
Країни Африки	492	4,5
Японія	4429	8,0
Данія	4955	—
Велика Британія	4704	—
Канада	4813	33,0
США	—	27,0

Важливим компонентом системи удобрення є ретельне планування їх витрати під запланований урожай. У табл. 11.18 наведено такі середні витрати, які потрібно коригувати з урахуванням ґрунтово-кліматичної зони і балу родючості ґрунту.

Запобігання забрудненню орних ґрунтів важкими металами та іншими токсичними речовинами, які містяться як домішка в мінеральних добривах, слід застосовувати комплекс агротехнічних, агролісомеліоративних і гідротехнічних прийомів у поєднанні з інтенсифікацією природних механізмів очищення агросфери від шкідливих речовин. До таких прийомів насамперед належать полезахисна агротехніка із застосуванням природних і штучних структуроутворювачів ґрунту, полезахисні травопільні сівозміни і сівозміни зі смуговим розміщенням культур упоперек схилів, мінімальний обробіток ґрунту, вдосконалення засобів хімізації, зокрема застосування сповільнювачів розчинення мінеральних добрив і капсулювальних речовин, мало- і мікрооб'ємне внесення мінеральних добрив із насінням і локально, оптимізація термінів і доз внесення добрив.

Відходність в агрономії різко знижують органічні добрива. Надлишок важких металів у ґрунті добре зв'язують цеоліти і вапнякові добрива, які переводять їх у недоступну для рослин форму. Підвищені

Таблиця 11.18. Нормативи витрат мінеральних добрив у розрахунку на одиницю сільськогосподарської продукції

Сільськогосподарська культура	Витрата мінеральних добрив, кг NPK д. р. на 1 т основної продукції		Приріст урожайності, кг/кг
	Врожайність	Приріст урожайності	
Пшениця озима	91	243	4,1
Жито озиме	133	374	2,7
Пшениця яра	101	274	3,6
Ячмінь	84	257	3,9
Овес	105	260	3,8
Гречка	106	447	2,2
Горох	69	318	3,1
Вика + овес	102	466	2,1
Льон- довгунець	356	921	1,08
Коноплі	266	517	1,93
Цукровий буряк	23,2	49,4	20,2
Картопля	16,4	44,0	22,7
Кукурудза на силос	7,1	15,8	63,3
Кормовий буряк	7,9	13,2	75,5
Однорічні трави	43	92	10,9
Багаторічні трави	33,5	69	14,4

доза вапнякових добрив рекомендовані також при забрудненні ґрунтів радіонуклідами.

Оскільки основна кількість нітратів (близько 79 %) в організм людини потрапляє з овочами, важливе значення має розробка технологій зниження вмісту нітратів в овочевій продукції. Головну роль тут відіграє сорт. Сучасна селекція пропонує вже для всіх основних груп овочевих культур сорти й гібриди, що мають знижену здатність вбирати й акумулювати нітрати. При вирощуванні овочів важливе значення має листкова діагностика рівня їхнього мінерального живлення, яка дає змогу оперативно коригувати систему добрив. Для овочів важливо використовувати насамперед нові види добрив: хелатів і повільнодіючих. Азот у таких добривах часто перебуває у формі триазону. Багато фірм розвинених країн добавляють у такі добрива спеціальні полімерні порошки (до 1 % об'єму), які здатні утворювати гелеподібні речовини, з яких азот корені рослини витягують дуже поступово. Всі види добрив під овочі вносять локально.

Під час розробляння системи удобрення для районів, неблагополучних стосовно радіонуклідів, потрібно використовувати спеціальну агротехніку, яка передбачає:

- а) вапнування кислих ґрунтів;
- б) внесення підвищених доз фосфорних і калійних добрив;
- в) обмеження використання азотних добрив із внесенням їх лише за даними листкової діагностики;
- г) обов'язкове застосування мікродобрив.

Ці рекомендації ґрунтуються на тому, що фосфорно-калійні комплекси ґрунту зв'язують радіонукліди, а азот, навпаки, підвищує доступність стронцію і цезію для коренів рослини. Особливо небезпечний у цьому плані амонійний азот, іони якого витискують цезій із кристалічних ґраток мінералів. Тому не варто перевищувати гранично допустимі дози азотних добрив під овочі (табл. 11.19).

Таблиця 11.19. Максимальні дози азотних добрив, рекомендовані при вирощуванні овочевих культур

Культура	Органічні добрива, т/га	Азотні добрива, кг/га д. р.
Капуста	70	150
Морква	—	90
Томати	40	120
Огірки	120	90
Столовий буряк	40	120
Цибуля	40	90
Зелені овочі	40	80

Відходність, пов'язану з пестицидами, також можна різко зменшити. Однак повне різке відмовлення від застосування пестицидів у сучасному землеробстві неможливе — це призвело б до втрати майже 40 % світового врожаю. Необхідне агрономічно правильне застосування пестицидів.

Альтернативні системи землеробства і тваринництва

Альтернативні системи в рослинництві і тваринництві керуються екологічним імперативом і включають три основні компоненти: а) *найдоцільніші способи використання ресурсів*; б) *відтворення ресурсів та охорона їх від виснаження*; в) *заборона на внесення в агросистеми будь-яких ксенобіотиків*. Розробляння конкретних технологій альтернативного землеробства триває вже близько 30 років. За станом на 1995 р. у країнах Європейської співдружності частка площ альтернативного землеробства становила 0,9 % площі ріллі в цих країнах. Залежно від конкретних рішень в альтернативному землеробстві склалося декілька основних напрямів.

Біологічне землеробство. Як самостійний напрям біологічне землеробство було запропоноване Лемер-Буше в 1964 р. Воно передбачає відмовлення від застосування мінеральних добрив, пестицидів та інших синтетичних хімічних препаратів. Родючість ґрунтів підтримується винятково за рахунок внесення органічних добрив: гною, сидератів тощо. Гній для прискорення мобілізації поживних речовин обов'язково компостують, при цьому він піддається аеробному розкладанню. Гній і сидерати для поліпшення контакту з повітрям вносять у ґрунт лише поверхнево. Коло засобів боротьби з бур'янами і шкідниками обмежується нетоксичними і слабкотоксичними речовинами. Перевага віддається біопрепаратам: відварам піретруму, тютюну, кропиви, полину, хвоща. Великого значення в біологічному землеробстві надають дотриманню сівозмін.

Органічне землеробство. Ця система — американський варіант біологічного землеробства і принципово від нього не відрізняється. Тут також виключається застосування мінеральних добрив і пестицидів, але екологічні вимоги менш жорсткі. Заборона на застосування мінеральних добрив обмежується лише роком, що передує збиранню врожаю на даному полі.

Органо-біологічне землеробство ґрунтується на працях Х. Руша і Х. Мюллера, й особливо популярне в країнах Західної Європи. З погляду екології це найбільш продумана система, яка дає змогу контролювати природність колообігів речовини в агроєкосистемах кожного окремого господарства. Біологізація виробництва у цій системі досягається за рахунок максимального стимулювання діяльності ґрунтової мікрофлори. Для цього сівозміни насичують бобовими культурами і кормовими злаками. Гній і дозволені до застосування несинтетичні добрива (томасшлак, доломіт, вапняк) вносять лише поверхнево. В деяких господарствах застосування синтетичних мінеральних добрив заборонене повністю і навіть гній купують лише на тих фермах, які самі працюють за системою альтернативного землеробства.

Біодинамічне землеробство. Основні ідеї цієї системи були закладені в публікації Р. Штайнера 1924 р., що містила багато оригінальних елементів. Біодинамічне землеробство орієнтується насамперед на використання біоритмів, властивих Землі і космічному простору. Ретельно враховуються також місячні цикли. Здорова ідея тут є і вона перегукується з працями О. Л. Чижевського (1976). Нині біодинамічне землеробство активно розвивається у країнах Західної Європи й іноді дає непогані результати. Так, було перевірено залежність врожаю кукурудзи від 18- і 6-річних місячних циклів. Ця перевірка довела, що піки максимальних урожаїв справді повторюються через кожні 18—19 років і охоплюють 5—8-річні цикли, які йдуть послідовно й відповідають часу мінімальних місячних деклінацій. Цілком раціональна рекомендація біодинамічного землеробства щодо застосування для удобрення ґрунту борошна з водоростей у дозі до 600 кг/га, яке містить велику кількість мікроелементів. Водночас система, що розглядається, включає використання особливих біодинамічних компостних препаратів із рослин (кропива, хвощ, петрові батоги, пижмо, валеріана), заготівлю і виготовлення яких слід проводити в суворо визначені терміни, що визначаються розміщенням небесних тіл, які й забезпечують “активування” цих компонентів. Ця частина біодинамічного землеробства у прибічників традиційних технологій викликає великі сумніви.

Екологічне землеробство. Цей напрям є досить аморфною групою технологій та ідей, які передбачають ті чи інші способи екологізації землеробства. З ним стикається система ANOG — комітету з вирощування овочів і фруктів з природними якостями. Зазвичай тут сильно спираються на дотримання сівозмін, які повинні забезпечувати природне збереження родючості ґрунтів. Часто це майже єдиний елемент таких систем. Додатково звертаються до насичення сівозмін бобовими культурами, добираючи їх так, щоб вони мали кореневі системи різної глибини. Нерідко одне-два поля відводять під сидерати, які заорюють не лише восени, а й весною.

Обробіток ґрунту в екологічному землеробстві мінімізований. Він полягає в розпушуванні, безвідвальній оранці, дискуванні. Боротьбу з бур'янами проводять переважно механічними і біологічними методами. Деяке збільшення забур'яненості посівів в екологічному землеробстві вважають навіть позитивним явищем, оскільки воно знижує ерозію ґрунту.

Звичайно ферми, що працюють у межах альтернативного землеробства, не дотримуються суворо однієї з цих систем, а використовують поєднання їхніх окремих елементів. Так, в Англії на початку 80-х років біоферми займали площу 2400 га, дотримувались чотирьохрічних сівозмін і використовували як добриво гній, соломку,

фосфорит, морські водорості та інші “натуральні” речовини. Обсяги вироблюваного продовольства в усіх системах альтернативного землеробства поки що невеликі: у США — 2,4 % вироблюваного продовольства, у країнах Західної Європи — 0,1—0,8 %. В основному це пояснюється низькою економічною рентабельністю таких господарств, хоча ціни на біологічно чисту продукцію в 1,5—2 рази вищі, ніж на звичайну. Не вирішена проблема боротьби з бур'янами і шкідниками, особливо за умов, коли невеликі за площею ферми з альтернативним землеробством оточені масивами земель з інтенсивним веденням сільського господарства.

Надії нині покладають на генетичні методи створення сортів сільськогосподарських культур, спеціально орієнтованих на вирощування в умовах альтернативного землеробства. Поки що такі сорти відсутні, а сорти, виведені для інтенсивного землеробства, в альтернативному землеробстві дають урожаї зернових нижчі на 15—20 %, просапних — нижчі на 30—40 %.

Альтернативні системи землеробства піддавались критиці і з іншого боку. У. Бурт і Х. Бейтс (1988) підкреслювали, що безпечність продукції, яка отримується в альтернативному землеробстві, лише уявна. Так, фітопатогенні гриби часто продукують мікотоксини, які є сильними отрутами. Екскременти яблуневого плодогриза містять канцерогенні речовини. Господарства, які працюють за системою альтернативного землеробства, страхуються від епіфітотій лише тим, що розміщені в оточенні ферм, які використовують засоби хімічного захисту рослин.

Прибічники альтернативного землеробства розуміли і розуміють, що повернення до екстенсивних методів ведення сільського господарства немає і бути не може. Для цього немає ні природних, ні соціальних умов. Потрібно створити принципово нову технологію, яка б задовольняла концепції отримання екологічно чистих продуктів в екологічно безвідходному виробництві за умови збереження високоякісного природного середовища, яке б відповідало потребам усього живого на планеті.

У напрямі екологізації сільського господарства цікаві підходи так званого компромісного землеробства. Розробляння компромісного землеробства відбувалося приблизно одночасно у країнах Західної Європи і Росії, починаючи з кінця XVIII ст., але отримало розвиток і визнання лише наприкінці XX ст. Ідея компромісу полягала у впровадженні в застосовуванні способи впливу на поле і сільськогосподарські рослини таких прийомів, які б на додачу до максимізації виходу продукції запобігали або хоча б сповільнювали темпи втрати ріллею головної споживчої якості — родючості ґрунту і не призводили б до деградації природного середовища в агросфері.

Одним із досить добре розроблених варіантів компромісного землеробства є система адаптивного рослинництва, яку розробляє О. О. Жученко.

Адаптивне рослинництво — це сукупність індустріальних сільськогосподарських систем з високою продуктивністю, що відповідають природним умовам і не порушують екологічної рівноваги. У таких системах скорочено застосування мінеральних добрив. У принципі адаптивне рослинництво повинне спиратися і на сорти нового типу. Замість інтенсивних сортів на поля повинні прийти сорти адаптивні.

Адаптивний сорт, згідно з уявленнями О. О. Жученко, повинен відрізнятися такими особливостями:

- 1) мати велику екологічну пластичність і тому давати врожай за широкої амплітуди зміни умов;
- 2) бути скороспілим;
- 3) мати високу конкурентоспроможність відносно бур'янів і бути стійким проти шкідників і хвороб;
- 4) давати високий господарський урожай, тобто високу частку тих частин рослин, які використовує людина — насіння, бульби тощо;
- 5) реагувати на поліпшення умов вирощування;
- 6) бути придатним для вирощування в суміші з іншими сортами або навіть іншими культурними рослинами, тобто мати високу ценотичну сумісність.

У США виник напрям так званих “**адекватних технологій**” у сільському господарстві, одним із головних компонентів яких є спирання на місцеві ресурси — сорти, породи. Нині тут під керівництвом Г. Набхана розпочато програму “Пошук туземного насіння”, реалізація якої може допомогти повернути у виробництво “**родинні**” народні сорти, дещо менш продуктивні, але завдяки внутрішньої генетичної різноманітності істотно стійкіші проти шкідників, бур'янів, хвороб і коливань режимів вирощування. А загалом у сільському господарстві США простежується чіткий перехід до “**аграрної економіки**”, під якою розуміють рослинництво і тваринництво, що ґрунтуються на природних системах. “Аграрна економіка” розвивається на протигагу індустріальному сільському господарству.

Для забезпечення збереження природного середовища важливе ретельне дотримання рівноваги в агроєкосистемах. Нормативи утримання тварин залежать від родючості ґрунту і типів його господарського використання.

Згідно з балансовими розрахунками для Східної Європи з урахуванням колообігу речовин у системі ферма — гній — посіви — навколишнє середовище на 1 га ріллі доцільно мати від 0,8—1,1 до

2,2—3,0 умовних голів великої рогатої худоби. Відхилення від цих параметрів завжди має однакові наслідки: або дефіцит гною і деградація ґрунтів внаслідок заміни органічних добрив на мінеральні, або деградація екосистем, спричинена необхідністю інтенсифікації процесу кормовиробництва, а врешті-решт і деградація природного середовища.

Цікавою є розробка і впровадження протеїнових конвертерів (Н. А. Уразаєв, А. В. Нікітін, 1993). Такі конвертери призначені для відгодівлі великої рогатої худоби і є штучними екосистемами з майже замкненим колообігом речовин. Як автотрофний блок конвертера використовують водорості і гідропонну зелень, гній застосовують як добриво, а частину його переробляють на біогаз, який використовують як енергетичний матеріал. На виході з конвертера є лише екологічно чисте м'ясо і вода.

На зміну рибальству в ХХІ ст. повинна прийти аквакультура — вирощування устриць, мідій, розведення риби у ставках. Великі перспективи має розведення мідій, які дають смачне м'ясо з повноцінним білком. Мідія — двостулковий молюск, що отримує їжу шляхом фільтрування води. У Франції вихід м'яса мідій з 1 га водойми становить 200—250 т/рік, у той час як розведення курей дає 2 т/рік, а корів — 0,3 т з 1 га. До того ж аквакультура економічно вигідна. Цей досвід цікавий для України, оскільки мідії природно поширені у північно-західній частині Чорного моря, де можливе отримання до 150 т їх м'яса з 1 га щорічно. Досвід розведення мідій уже є під Одесою і в Криму. В разі правильного підходу до 2010 р. аквакультура може давати людству до 7 млн т м'яса щорічно.

Наприкінці ХХ ст. відкрився ще один шлях виробництва продуктів харчування і корму для тварин з використанням екологічно безпечного виробництва — це біотехнологія. Терміном *біотехнологія* називають мікробіологічний синтез білка та інших органічних речовин на основі відходів сільського господарства, деревини або навіть нафтопродуктів. Провідне місце в біотехнологічних методах займають США, Японія і Німеччина. Цей шлях остаточно ще не досліджений: гігієнічні та екологічні аспекти його залишаються дискусійними. Досвід колишнього СРСР довів, що виробництво паприну екологічно надзвичайно небезпечне, якщо користуватися недосконалими технологіями та ще й при низькій культурі виробництва. Однак для зниження навантаження на агроєкосистеми отримання органічних речовин методами біотехнології, в разі спеціального використання продукції й гарантованої екологічної чистоти виробництва, не позбавлене перспектив.

У боротьбі з шкідниками і бур'янами в сільському господарстві потрібна нова стратегія, центром якої повинні стати два елементи:

а) збереження в природному середовищі природних ворогів небажаних для сільського господарства організмів і реалізація заходів щодо сприяння їхній діяльності; б) виведення форм культурних рослин і порід тварин, здатних до самозахисту і з підвищеною стійкістю проти шкідників, хвороб і бур'янів.

Гарантом урожайності сільськогосподарських рослин у третьому тисячолітті повинні стати біологічні методи захисту рослин, які дають змогу отримувати екологічно чисту продукцію без забруднення природного середовища. Основою біометоду є розмноження і заселення агроєкосистем комахами-хижаками і паразитами, такими як сонечка, жужелиці, мухи-журчалки, золотоочки, трихограми, мурашки. Нині відомо понад 500 видів таких корисних організмів. Перспективне також створення мікробіологічних препаратів, які уражують види, що завдають шкоди сільському господарству. У США ще в 1951 р. такі мікробіологічні препарати захисту рослин постачалися в кількості 5 % загальних постачань пестицидів. У країнах СНД біометод поки що розвинений слабо (табл. 11.20).

Використання алелопатично активних речовин — природних пестицидів є ще одним методом біологізації сільського господарства.

Таблиця 11.20. Масштаби застосування біологічних засобів захисту рослин у СНД
(за В. Ф. Мальцевим, 1995)

Вид пригнічення	Об'єкт	Культура	Площа застосування, млн га
Трихограма	Лускокрилі	Овочеві, технічні і зернові	15,4
Наїзник хабро-дракон	Лускокрилі	Бавовник, кукурудза	1,1
Муха фітомиза	Вовчок	Соняшник	0,25
Криптолемус, псевдофікус, позидус, золотоочка, мегасейулюс	Червці, кліщі, колорадський жук	Плодові, виноград, овочі	0,092
Дендробацилін	Лускокрилі	Овочі, плодові, ягідні, зернові	1,4
Бітоксисацилін	Лускокрилі, кліщі, жорсткокрилі	Пасльонові, плодові, ягідні, капуста	0,82
Ліпідопід	Лускокрилі	Капуста, плодові, ягідні	0,097
Гомелін	Лускокрилі	Капуста, полезахисні насадження	0,013
Бактороденцид	Гризуні	Багаторічні трави, сади, зернові	3,67

Таблиця 11.21. Основні напрями екологічної конверсії сільськогосподарського виробництва

Напрямы екологічної конверсії	Стратегічні і тактичні рішення
Збереження біологічної різноманітності	Екологічна експертиза агроландшафтової рівноваги Контроль виділення орних земель під промислові об'єкти, шляхи і населені пункти Перехід до біологічних методів контролю бур'янів і шкідників
Створення лісо-лучно-пасовищної рівноваги	Підвищення різноманітності елементів ландшафту Зниження величини водної і вітрової ерозії Лісонасадження в ерозійнонебезпечних місцях Залуження
Відновлення природних біогеохімічних циклів	Контроль за надходженням органічних речовин у ґрунт і за балансом гумусу Перехід до оптимальних пасовищних навантажень Децентралізація тваринництва
Оздоровлення ґрунту	Перехід до безплужного землеробства і мінімального обробітку ґрунту Збереження гумусу у ґрунті шляхом використання органічних добрив, сидератів і живого мульчування Контроль видів і доз мінеральних добрив Мінімізація використання пестицидів, впровадження пестицидів селективної дії
Підвищення коефіцієнта енергетичної ефективності агро-екосистем	Створення сортів з підвищеним коефіцієнтом використання ФАР Використання енерго- і ресурсозберігаючих технологій
Підвищення стійкості агро-екосистем	Перехід від інтенсивних систем землеробства до адаптивних і підтримувальних Створення сортів, пристосованих до умов полікультури
Забезпечення екологічної чистоти усіх видів сільськогосподарської продукції	Екологічна експертиза якості продовольства і кормів Широке використання біометодів для контролю чисельності шкідників, бур'янів і в разі боротьби з хворобами Санітарно-гігієнічний контроль норм добрив у рослинництві і гормональних препаратів у тваринництві

Перспективним заходом, що відповідає екологічному імперативу в сільському господарстві, є перехід від монокультур до полікультур. Монокультура сприяє концентруванню шкідників і виступає як “накритий стіл”. На відміну від цього суміші декількох культур або хоча б сортів на одному полі утруднює розселення і розмноження шкідників. Такі поля меншою мірою потребують захисту. Досліди полікультур ставились неодноразово і завжди з позитивними результатами. Щоправда, на шляху полікультур стоїть чимало технологічних перешкод, пов’язаних з різними термінами дозрівання рослин різних видів і сортів, із сортуванням урожаю. Однак вирішення таких питань простіше, ніж триваюче руйнування природного середовища.

В агрономії успішно розробляють також ефективні методи відновлення родючості техногенно забруднених ґрунтів (Н. А. Кирєєва, 1998) з використанням сидератів із спеціально підібраних культур, активного мулу та осадів стічних вод.

Загалом виробництво екологічно чистої сільськогосподарської продукції і принципове зниження погіршувального впливу сільськогосподарського виробництва на природне середовище цілком можливе як з погляду наукових, так і технологічних даних. Тут багато можливостей як стратегічного, так і тактичного характеру (табл. 11.21). Необхідно лише подолати соціальну інертність і створити економічні механізми, які б стимулювали роботу в цьому важливому для людства напрямі. Досвід багатьох країн доводить, що виробництво екологічно чистих продуктів і кормів можливе не лише в умовах великих, а й дрібних селянських і фермерських господарств (А. М. Куценко, В. І. Писаренко, 1992).

ПІСЛЯМОВА

Як видно з наведених матеріалів, що дають різнобічну оцінку стану природного середовища на межі другого і третього тисячоліть, глобальна екологічна криза згідно з різними, зрідка незбіжними оцінками, все рівно є об'єктивною реальністю. Основними гранями кризи другої половини ХХ ст. є: а) *демографічна криза* — планета перенаселена, чисельність людства явно перевищує природну місткість навколишнього середовища; б) *енергетична криза* — основні традиційні енергоносії перебувають на межі вичерпання, а використання нових не має надійних технологічних рішень; в) *забруднення* — поверхня планети, її атмосфера, океани все більшою мірою переповнюються відходами цивілізації; г) *біодеградаційна криза*, що полягає у знищенні лісів, спустелюванні, втраті біологічної різноманітності. ХХ ст. так змінило взаємовідносини людини з природним середовищем, що з'явилося багато ознак того, що подальший неконтрольований розвиток цивілізації може призвести її до екологічної катастрофи.

На межі другого і третього тисячоліть людство постало перед вирішенням принципової проблеми — чи продовжувати свій розвиток за традиційно складеною технократичною стратегією, чи шукати нові шляхи розвитку цивілізації, які б гармонійніше поєднувались з особливостями природного середовища земної кулі. У кожного з цих напрямів є прихильники і супротивники. На думку Г. Делі і Дж. Кобба (1995), сучасна модель економічного розвитку світу перебуває у чіткому протиріччі з подальшим прогресом цивілізації. Згідно зі схемою, яку вони розвивають, вихід із важкої ситуації полягає насамперед у перебудові соціально-економічних відносин у світі та створенні держав як “співдружності співдружностей”, що супроводжується зміною свідомості *Homo economicus* — людини економічної, що є моделлю людини-споживача. Вони підкреслюють, що добробут людства визначається добробутом кожної людини, а останнє неможливе в екологічно неповноцінному природному середовищі.

Слід розуміти, що задоволення особистих потреб людини — фізіологічних, матеріальних, соціальних і духовних можливе

лише за умов здорового повноцінного природного середовища. Забезпечити таке середовище на локальних ділянках території, в окремих державах або “заповідниках для вибраних” неможливо. Екологічні процеси за своїм характером мають глобальний характер, і вирішувати питання екологічної безпеки можна лише зусиллями всього людства. В. А. Боков і А. В. Лушик (1998) справедливо писали, що зберегти природне середовище, а разом з ним і саму себе людина може, лише перейшовши на нові світоглядні позиції, нову систему цінностей.

215889	215889	215889
215889	215889	215889
215889	215889	215889
15889	215889	215889

Список рекомендованої літератури

1. *Андрієнко Т. Л., Клецов М. Л., Прядко О. І.* Мережа регіональних ландшафтних парків України: наукові та організаційні основи створення. — К., 1996. — 55 с.
2. *Бабич А. О.* Світові земельні, продовольчі і кормові ресурси. — К.: Аграрна наука, 1996. — 556 с.
3. *Байнхауэр Х., Шмакке Э.* Мир в 2000 году: свод международных прогнозов. — М.: Прогресс, 1993.
4. *Боков В. А., Луцник А. В.* Основы экологической безопасности. — Симферополь: Сонат, 1998. — 224 с.
5. *Борейко В. Е.* История охраны природы Украины. — К., 1997. — Т. 1. — 301 с.
6. *Браун Л., Янг Дэс.* Глобальная продовольственная проблема // Мир науки. — 1990. — № 4.
7. *Глухов В. В., Лисочкина Т. В., Некрасова Т. И.* Экономические основы экологии. СПб.: Социальная лит., 1995.
8. *Гнатюк Л. В.* Введение в философию настоящего. — К.: Киев. братство, 1997. — 326 с.
9. *Гродзинский Д. М.* Основы ландшафтной экологии. — К.: Либідь, 1993. — 224 с.
10. *Закон УССР об охране окружающей среды.* — К.: Україна, 1991. — 59 с.
11. *Злобін Ю. О.* Екологічні проблеми агропромислового комплексу України на порозі третього тисячоліття // Ойкумена. — 1993. — № 3. — С. 4—13.
12. *Зубаков В. А.* Сценарии будущего: анализ последствий глобального кризиса. — СПб., 1995. 289 с.
13. *Крисаченко В. С.* Людина і біосфера. — К.: Заповіт, 1998. — 688 с.
14. *Куценко А. М., Писаренко В. Н.* Выращивание экологически чистой продукции в малых крестьянских и фермерских хозяйствах. — К., 1992. — 56 с.
15. *Мальцев В.* Біосфера, ноосфера і суспільство: необхідність зміни парадигми стабілізації // Ойкумена. — 1995. — № 1—2. — С. 22—25.
16. *Медоуз Д. Х., Медоуз Д. Л., Рандерс Й.* За пределами роста. — М.: Пангея, 1994. — 303 с.
17. *Миркин Б. М.* Экологические аспекты обеспечения продовольственной безопасности // Соросов. образоват. журн. — 1997. — № 2. — С. 28—33.
18. *Омнигенная экология / А. С. Гринин (ред.).* — Брянск, 1995. — Т. 1. — 475 с; 1996. — Т. 2. — 482 с.
19. *Ревелль П., Ревелль Ч.* Среда нашего обитания: В 4 кн. — М.: Мир. 1995. — Кн. 1—4.

20. Реймерс Н. Ф. Экология. Теории, законы, принципы и гипотезы. — М.: Россия молодая, 1994. — 367 с.
21. Самкова В. А., Трутченков А. С. Экологический бумеранг. — М.: Ариант, 1995. — 424 с.
22. Хайлов К. М. “Жизнь” и “жизнь на Земле”: две научные парадигмы // Журн. общ. биологии. — 1998. — Т. 59, № 2. — С. 137—151.
23. Царенко О. М. Економічні та еколого-технологічні проблеми знезаражування і утилізації відходів і птахівництва України. — Суми: Мрія-1 ЛТД, 1999. — 224 с.
24. Шеляг-Сосонко Ю. Р. Екологічна мережа — національне надбання України // Жива Україна. — 1998. — № 9—10. — С. 1—2.
25. Экология, экономика и политика / К. Я. Кондратьев, В. И. Данилов-Данильян, В. К. Донченко и др. — СПб., 1993. — 286 с.
26. Plachter H. Naturshutz. — Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1991. — 463 S.
27. Sattler R. Biophilosophy: analytic and holistic perspectives. — Berlin: Springer, 1986. — 284 p.

Предметний покажчик

- Агросфера 137
Агроскосистема 137
Адаптивне рослинництво 164
Адаптивний сорт 164
Альтернативні системи землеробства 161
Антропогенна енергія 137
Антропогенні забрудники 48
Аральська катастрофа 35
Атомна енергетика 114
Безвідходні технології 157
Біогенна речовина 7
Біоконверсія 139
Біокосна речовина 7
Біологічне землеробство 161
Біологічна різноманітність 72, 79
Біоенергетика 118
Важкі метали 52, 58, 70, 150
Витратний підхід 94
Вітрові електростанції 117
ГДК 48, 90
Геотермальні електростанції 118
Гідроенергетика 116
Деградація біоти 68, 169
—“— природного
—“— середовища 25, 29, 103
—“— військова 39
Демографічний вибух 12
ДЗК 48
Друга індустріальна революція 17
Енергетична цінність харчування 13
Еволюція людини 10
Евтрифікація 56, 142
Екологізація 100
Екологічна безпека 80
—“—зброя 45
—“—конверсія 4, 100, 106
— промисловості 21, 130
— сільського госпо-
дарства 21, 137, 162
— енергетики 119
—“—криза 5, 24, 99, 169
—“—небезпека 89
—“—революція 102
Екологічне аудитування 97
—“—землеробство 162
—“—страхування 98
Екологічний імператив 76
Екологічні катастрофи 27, 89, 169
Екологія
— енвайронментальна 5, 74
— класична 74
— соціальна 74
Економічна ефективність 95
Енергетична криза 21, 169
Енергетичні ресурси 113
Ерозія 148
Жива речовина 6
Забруднення
— атмосфери 49
— водойм 54
— ґрунтів 52
— електромагнітне 61
— природного середовища 19
— промислове 46
— радіоактивне 62
— сільськогосподарське 46
— шумове 60
Закон
— згасаючої дії чинників 19
— зниження енергетичної ефективності 21
Заповідники 81, 84
Засмічення 57
Інтенсивні сорти 18, 164
Кислотні опади 36
Конверсія екологічна 106
Концепція стійкого розвитку 4
Косна речовина 7, 76

20. Реймерс Н. Ф. Экология. Теории, законы, принципы и гипотезы. — М.: Россия молодая, 1994. — 367 с.
21. Самкова В. А., Трутченков А. С. Экологический бумеранг. — М.: Ариант, 1995. — 424 с.
22. Хайлов К. М. “Жизнь” и “жизнь на Земле”: две научные парадигмы // Журн. общ. биологии. — 1998. — Т. 59, № 2. — С. 137—151.
23. Царенко О. М. Економічні та еколого-технологічні проблеми знезаражування і утилізації відходів і птахівництва України. — Суми: Мрія-1 ЛТД, 1999. — 224 с.
24. Шеляг-Сосонко Ю. Р. Екологічна мережа — національне надбання України // Жива Україна. — 1998. — № 9—10. — С. 1—2.
25. Экология, экономика и политика / К. Я. Кондратьев, В. И. Данилов-Данильян, В. К. Доиченко и др. — СПб., 1993. — 286 с.
26. Plachter H. Naturshutz. — Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1991. — 463 S.
27. Sattler R. Biophilosophy: analytic and holistic perspectives. — Berlin: Springer, 1986. — 284 p.

Предметний покажчик

- Агросфера 137
Агроекосистема 137
Адаптивне рослинництво 164
Адаптивний сорт 164
Альтернативні системи землеробства 161
Антропогенна енергія 137
Антропогенні забрудники 48
Аральська катастрофа 35
Атомна енергетика 114
Безвідходні технології 157
Біогенна речовина 7
Біоконверсія 139
Біокосна речовина 7
Біологічне землеробство 161
Біологічна різноманітність 72, 79
Біоенергетика 118
Важкі метали 52, 58, 70, 150
Витратний підхід 94
Вітрові електростанції 117
ГДК 48, 90
Геотермальні електростанції 118
Гідроенергетика 116
Деградація біоти 68, 169
—“— природного
—“— середовища 25, 29, 103
—“— військова 39
Демографічний вибух 12
ДЗК 48
Друга індустріальна революція 17
Енергетична цінність харчування 13
Еволюція людини 10
Евтрифікація 56, 142
Екологізація 100
Екологічна безпека 80
—“—зброя 45
—“—конверсія 4, 100, 106
— промисловості 21, 130
— сільського госпо-
дарства 21, 137, 162
— енергетики 119
—“—криза 5, 24, 99, 169
—“—небезпека 89
—“—революція 102
Екологічне аудитування 97
—“—землеробство 162
—“—страхування 98
Екологічний імператив 76
Екологічні катастрофи 27, 89, 169
Екологія
— енвайронментальна 5, 74
— класична 74
— соціальна 74
Економічна ефективність 95
Енергетична криза 21, 169
Енергетичні ресурси 113
Ерозія 148
Жива речовина 6
Забруднення
— атмосфери 49
— водойм 54
— ґрунтів 52
— електромагнітне 61
— природного середовища 19
— промислове 46
— радіоактивне 62
— сільськогосподарське 46
— шумове 60
Закон
— згасаючої дії чинників 19
— зниження енергетичної ефективності 21
Заповідники 81, 84
Засмічення 57
Інтенсивні сорти 18, 164
Кислотні опади 36
Конверсія екологічна 106
Концепція стійкого розвитку 4
Косна речовина 7, 76

Країни, що розвиваються 23
Місткість виживання 104
Моніторинг 9, 78, 90
Навколишнє середовище 6
Надзвичайні екологічні
ситуації 26
Народжуваність 16
Нітрати 150, 160
Озоновий екран 32
Органічне землеробство 161
Органо-біологічне
землеробство 161
Охорона природи 21, 77, 80, 85
Пестициди 18, 58, 151, 160
Потепління клімату 29
Припливно-відпливні
електростанції 119
Природне середовище 6, 24, 77, 85
Природні забрудники 48
Природокористування 93
Природоохоронне
законодавство 85
Промисловість 125
Резерви в енергетиці 113

Рекреаційна місткість 59
Рентний підхід 94
Ресурси
 відновлювані 7
 замінні 7
 невідновлювані 7
 незамінні 7
Розвинені країни 23
Розширене відтворення 95
Середовище
 антропогенне 8
 еколого-етнічне 8
 проживання 6
 — живих організмів 6
 — людини 8
 соціальне 8
Сонячні електростанції 116
Спустелювання 34
Структура живлення 138
Теплові електростанції 116
Техногенна міграція 49
Тропосферний озон 34, 50
Туризм 59
Ядерна зброя 41, 65

ЗМІСТ

Вступ	3
Розділ 1. Природне середовище: ідеї, проблеми, визначення	6
Розділ 2. ХХ століття — етноси і технології	10
Людина в природному середовищі	10
Демографічний вибух	12
Друга індустріальна революція	17
Розділ 3. Глобальний антропогенез і деградація природного середовища	24
Антропогенні зміни природного середовища	24
Локальні екологічні катастрофи	26
Глобальна деградація природного середовища	29
Деградація біоти	67
Розділ 4. Становлення і диференціація екології	74
Розділ 5. Системи охорони природного середовища	77
Розділ 6. Природоохоронне й екологічне законодавство	85
Розділ 7. Природне середовище та економіка	93
Розділ 8. Сценарії на ХХІ століття	99
Прогнози розвитку цивілізації на третє тисячоліття	99
Сценарій 1	104
Сценарій 2	104
Сценарій 3	104
Сценарій 4	105
Сценарій 5	105
Екологічна конверсія	106
Розділ 9. Екологічна криза й нова енергетична стратегія	110
Стан енергетичних ресурсів на початку третього тисячоліття	110
Характеристика сучасних джерел енергії	114
Шляхи екологічної конверсії енергетики	119
Економічні проблеми енергетики	122
Розділ 10. Перспективи екологічної конверсії промисловості	125
Трансформування промислового виробництва упродовж ХХ ст.	125
Забруднення природного середовища у процесі промислового виробництва	127

Основні напрями екологічної конверсії промисловості	130
Розділ 11. Екологічна конверсія сільського господарства	137
Індустріалізація сільського господарства упродовж ХХ ст.	137
Специфика сільськогосподарського забруднення природного середовища	146
Безвідходні технології в сільському господарстві	157
Альтернативні системи землеробства і тваринництва	161
<i>Післямова</i>	169
<i>Список рекомендованої літератури</i>	171
<i>Предметний покажчик</i>	173

Навчальне видання
Царенко Олександр Михайлович
Злобін Юрій Андрійович

**НАВКОЛИШНЄ
СЕРЕДОВИЩЕ**
**ТА ЕКОНОМІКА
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

Оправа і титул художника *В. С. Жиборовського*
Оператор *А. В. Цебенко*
Комп'ютерна верстка *Л. О. Кулагіної*

Підп. до друку 15.10.99. Формат 60×84/16. Папір офс. №1. Гарнітура Times.
Ум. друк. арк. 11. Ум. фарбовідб. Обл.-вид. арк. 12,37.

Видавництво «Вища школа», 252054, Київ-54, вул. Гоголівська, 7

Надруковано у Фастівському державному поліграфічному підприємстві «Поліфаст».
255530, м. Фастів Київської обл., тел.: (04465) 514-49. Наклад 1000 прим. Зам. 2308